ISSN 0388—841 X

BULLETIN
OF THE
NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

No. 14

南西海区水産研究所研究報告

第 14 号

昭和57年3月

南西海区水産研究所

広島県大野町

NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY
FISHERIES AGENCY
ÔNO-CHÔ, HIROSHIMA-KEN JAPAN

March 1982

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No 14, 1982

南西海区水産研究所研究報告

第 14 号

目　　次

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

Culture of Rotifer, *Brachionus plicatilis* (MÜLLER), in an Air Lift Aquarium Using Alcohol Fermentation Slops*1

Osamu FUKUHARA, Hiroshi YUKAWA*2 and Tatsuya NISHIMURA*3

アルコール発酵母液によるシオミズツボワムシのエヤーリフトを用いた培養

福原　修・湯川　宏・西村　辰也

アルコール発酵母液を餌料生物の培養に利用する場合，微生物フロックを形成させて給餌する。その際，餌料培養槽内に発生する懸濁物の除去には従来，特殊な循環ポンプを用いていた。しかしこの方法はポンプの故障の頻度が高いとか，電源の設備を必要とするとか，ワムシが損傷するなど実用化には種々の改良を要する問題を残しているので，信頼性があり，簡易で，ワムシへの損傷が少ない通気装置（エヤーコンプレッサー）のみによる方法を検討した。

沪過水槽を餌料生物培養槽の外部に設置し，3本のエヤーリフト管で循環する装置を試作した。この装置を使用してワムシの培養を1980年夏から1981年春にかけ30～40日間にわたり3回行った。その結果，毎日5～10%収穫しても総個体数を 100～200/m*l* に維持することができ，従来のポンプによる培養法より優れていることが明らかになった。

Abstract

The pump was employed as a mean of water circulation for removing the suspended particulate matter by filteration when the alcohol fermentation slops were fed to rotifer, *Brachionus plicatilis*. However, the water circulation occasionally stopped due to the malfunction of the pump. Furthermore, the pump has defects such as the extra cost for the electricity and physical damage of the rotifer.

The culture facilities based on the air-lift is designed to overcome the defects of pumping system in the rotifer culture using the alcohol fermentation slops. Three culture experiments, lasting for 30 to 40 days for each, was conducted during the summer through spring in 1980 and 1981.

The air-lift method provided 5 to 10 percent of removal each day while having retained

Received: 11 December 1981. Contribution No. 113 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Ôno-chô, Hiroshima-ken, 739-04, Japan

*1 Study on fermentation slop from the viewpoint of fisheries resources
*2 Research and Development Center, Duskin Co. Ltd.
*3 Kyowa Hakko Kogyo Co. Ltd.

the density of rotifer at a level between 100 to 200 individuals/m*l*. It is obvious that the air-lift circulation can replace the water circulation by means of pump for practical culture of the rotifers.

The rotifer, *Brachionus plicatilis*, has played an indispensable role as initial food organism for the larval rearing of marine fishes. Therefore a number of studies were conducted to develop the methods to culture the rotifer in the last ten years.

Eventually, it is now possible to use the yeast as well as *Chlorella* as feeding materials of these organism (e.g. Watanabe *et al.*, 1978; Fukusho, 1980). Experiments have been undertaken to clarify the artificial ecosystems, and the effect of microorganisms and phytoplankton on rotifers (Hirata, 1977; Hirata and Yamasaki, 1980; Teshima *et al.*, 1981; Hino *et al.*, 1981 a, b).

Yasuda and Taga (1980) studied the utilization of marine bacteria for rotifer culture. The utilization of marine bacteria as a food organism has been of interest for a long time (Seki, 1966). Little is known about the utilization of bacteria as a practical feed for zooplankton culture.

The Clean Japan Center (CJC, 1978) and Abe *et al.* (1980) studied the production of rotifers fed on marine bacteria which in turn had been cultured on alcohol fermentation slops. Rotifers can thus indirectly cultured with the alcohol fermentation residues as a biological means of waste disposal. CJC and Abe *et al.* adopted pumps to maintain the water quality However the high mortalities of rotifers were occasionally observed due to the malfunction of pumping system, and an alternative circulation method of water was desired.

The present work was designed to improve the circulation system for the rotifer cultures so that the pumping is not required. Elimination of the pump will reduce running cost and will assure reliability of the whole culture system of rotifers.

Materials and Methods

Experiments were carried out in the summer, winter and spring of 1980 and 1981 at the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory. Seawater was pumped up on the nearly coast and filtered with the sand before the use. Rotifers were obtained from a wild strain kept in an outdoor tank fed on *Chlorella* sp. The animals ranged from 188 to 286 μm in

length and from 126 to 169 μm in width.

General observations of environmental conditions were usually made at 9:00–10:00 a.m. for water temperature, salinity, pH and dissolved oxygen.

Design and Maintenance of Tanks

The rotifer tank is shown semidiagrammatically in Figure 1. A transparent polycarbonate tank with a capacity of 1 m^3 (1000 *l*) was employed. Surface of the tank was covered with a plastic sheet to help maintaining the temperature of the culture media as stable as possible. The water column was heavily aerated at a rate of 100 to 120 *l*/min. It is cleaned through a filter container of 70 *l* located beside the culture tank. A 30-*l* tank, filled with monofilament fish net, which acted as a filter was placed inside the 70-*l* tank. This filter apparatus removes sediment from the rearing tank. Water was circulated by means of three air-lift devices (PVC pipe, 20 mm in diameter). Approximately 20 *l* of water per minute flowed from the rearing tank into the filter container.

Water temperature was maintained within a range of 25° to 30°C by a 500 W heater. No artificial illumination was provided during the course of the experiments.

The filter materials were washed every day and the air-lift and rearing tank surface, every three or four days.

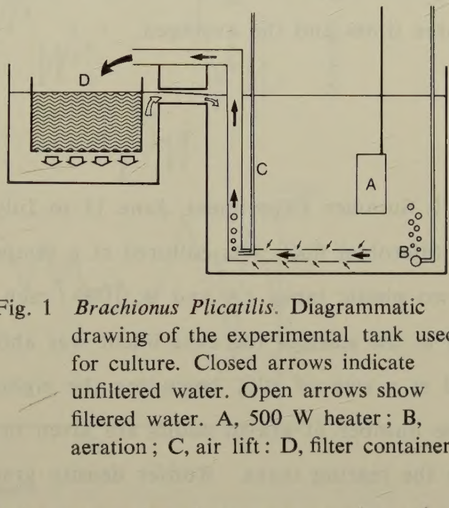


Fig. 1 *Brachionus Plicatilis*. Diagrammatic drawing of the experimental tank used for culture. Closed arrows indicate unfiltered water. Open arrows show filtered water. A, 500 W heater; B, aeration; C, air lift: D, filter container.

Alcohol Fermentation Slops (AFS)

The fermentation slops were transported from an alcohol fermentation factory to the laboratory, where they were stored at ambient temperature. It is known that there are several nutrient substances in alcohol fermentation slops, which are derived from the molasses (CJC, 1978; TERAMOTO and KAWAMORI, 1980).

Culture of Microbial Flock

Two plastic tanks, 300 and 500 *l* in capacity, were used for culturing microbial flock. Technical procedures for growing the microbial flock have been described by CJC (1978). Briefly, alcohol fermentation slops (AFS) and monobasic potassium phosphate were added to warm seawater of about 30°C at a rate of 20 g/*l* and 0.5 g/*l*, respectively. After the bacteria bloomed, 10 to 20% of the microbial flock was harvested for feeding the rotifers. Continuous flock culture was achieved by the further addition of 30 g AFS/*l* and 0.7 g monobasic

potassium phosphate per liter of filtered seawater. An airstone was placed to aerate the water at a rate of 3 *l*/min. in 300-*l* tank, and approximately 6 *l*/min. in the 500-*l* tank.

Feeding Microbial Flock to Rotifers

The optimal rate of microbial flock giving to rotifers may depends upon the volume of water, but no information on optimal bacteria density for rotifer culture on this scale (1 m^3 or 1000 *l*) had been obtained before the present experiment. After several trials we obtained a value of 25 *l*/m^3 as the optimal concentration of the microbial flock.

Counting the Number of Rotifers

Before feeding the microbial flock, 1 m*l* culture medium was sampled with pipette to determine the rotifer density. The animals were anesthetized with MS-222 or fixed in 5% formalin seawater solution. Density of rotifers with emphasis on the brooding dults were determined under a binocular dissecting microscope. For each sample the organisms were counted three times and the averaged.

Results

1. Summer Experiment, June 11 to July 24, 1980

Microbial flock was cultured at a temperature of approximately 30 ± 1°C in a 500-*l* tank. Two plastic tanks (A and B, 1000 *l* each) were employed for rotifer culture. Rotifer density at the start of the experiment was about 50 individuals/m*l*, and the animals were harvested at a rate of 10% beginning the eighth day of the experiment. The rotifer density and the number of gravid adults are given in Figure 2. Figure 3 shows environmental conditions in the rearing tanks. Rotifer density gradually changed from approximately 100 to 300 individuals/m*l*. While 10% were harvested each day.

Daily harvest of rotifers averaged 23.28 million in tank A and 20.95 million for tank B in number, respectively. Gravid adults made up about 15% of the total population in each tank. In the tank A the water temperature ranged from 24.9° to 27.3°C, averaging 25.9°C. The temperature in the tank B ranged from 25° to 28.8°C, and averaged 26.4°C. The pH and salinity varied within the range of natural conditions in the sea near the laboratory. Dissolved oxygen varied from 5 to 6.5 ppm in both tanks.

2. Winter Experiment, December 16, 1980 to January 30, 1981

The microbial flock was cultured at a temperature of about 30 ± 1°C in a 300-*l* tank, as in the proceeding summer experiment.

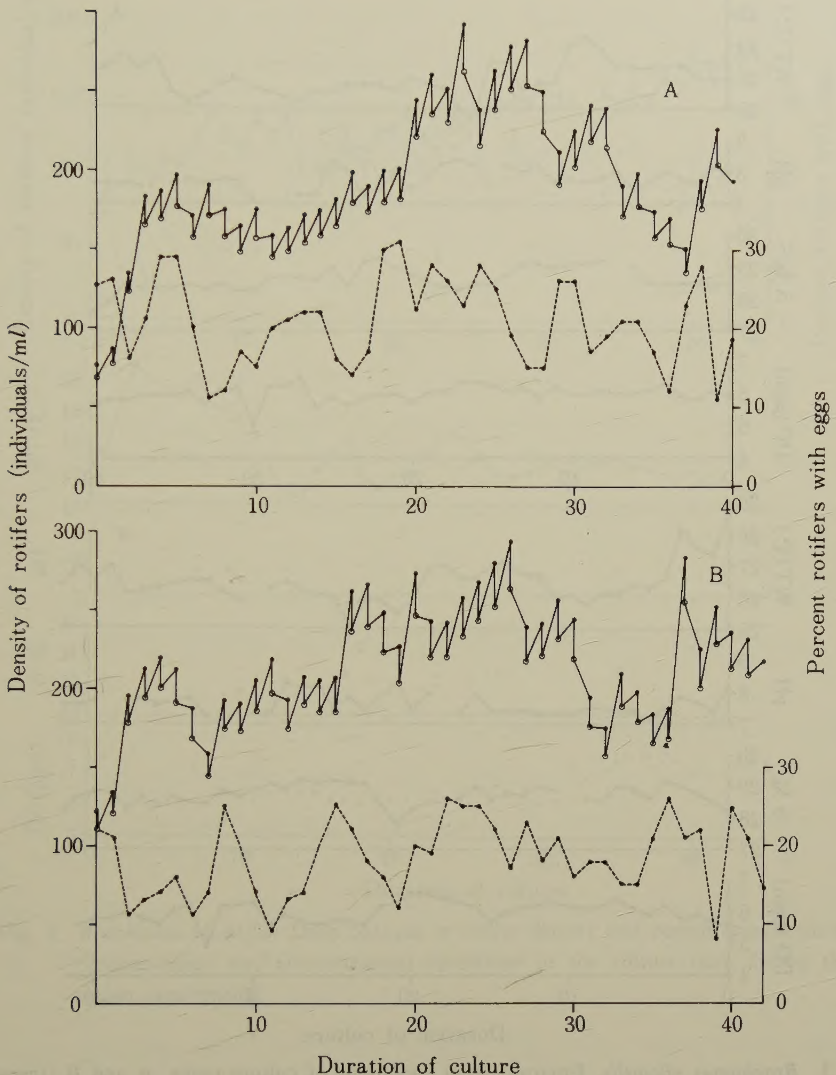


Fig. 2 *Brachionus plicatilis*. Daily changes of rotifer density (solid lines) and percent gravid adults (broken lines) in the culture tank of A and B during summer experiment. Open circles on solid lines show the density of rotifers after harvest.

In our preliminary experiment in the winter 1979, rotifers cultured at a temperature of about 26.0°C sank to the bottom of the tank when fed to larval fishes. Therefore, in this experiment water temperature was controlled in order to avoid this inconvenience.

Figure 4 shows the density of rotifers and the environmental conditions in the culture tank. The rotifers were removed at a rate of 5% every day since seventh day of the experiment. Rotifer density averaged 66 individuals/m*l* at the start of the experiment, rose to between 100 and 150 individuals/m*l* in the initial phase, and thereafter increased gradually

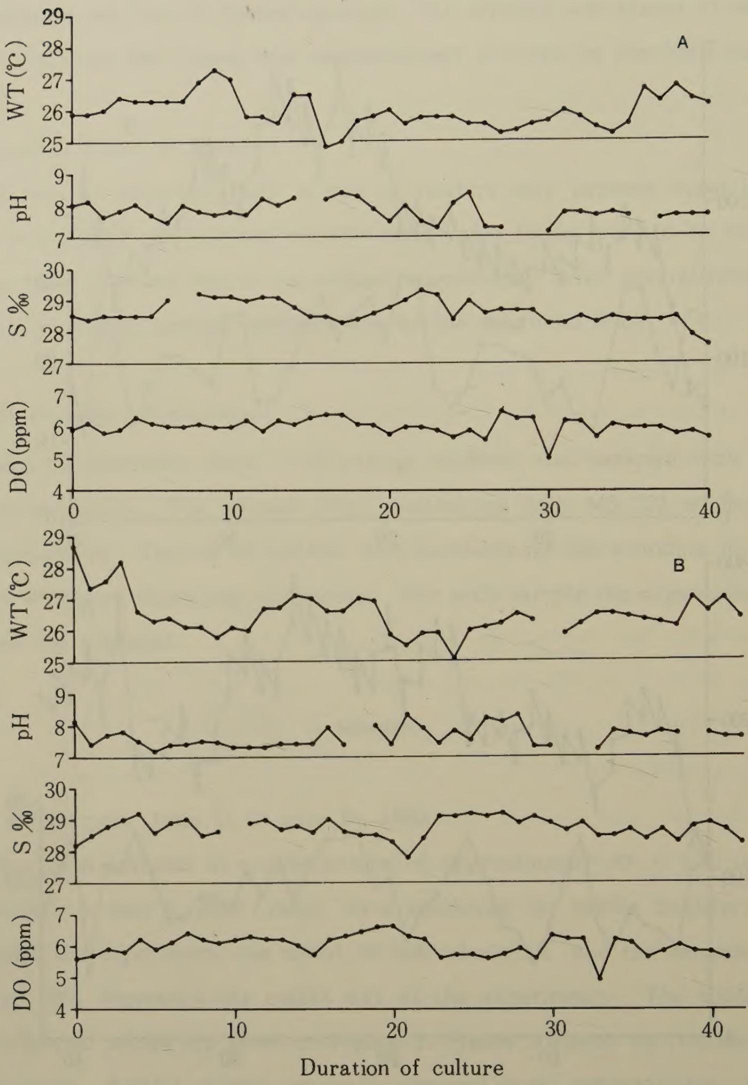


Fig. 3 *Brachionus plicatilis*. Environmental conditions of culture tanks, A and B ((capacity 1 m³) for rotifers in the summer experiment.

to 150 individuals/m*l* or more. The number of gravid rotifers varied from 5 to 27%. On the average 6.67 million rotifers could be harvested daily.

Water temperature also showed wide variation due to malfunction of the equipment which persisted for one third of the experiment. The temperature was as low as about 17°C during the remainder of the experiment. No continuous measurements of the other physical parameter were made. There was no remarkable change in pH and dissolved oxygen as found in the summer experiment. The salinity was higher in the experiment than in the summer due to intensive evaporation.

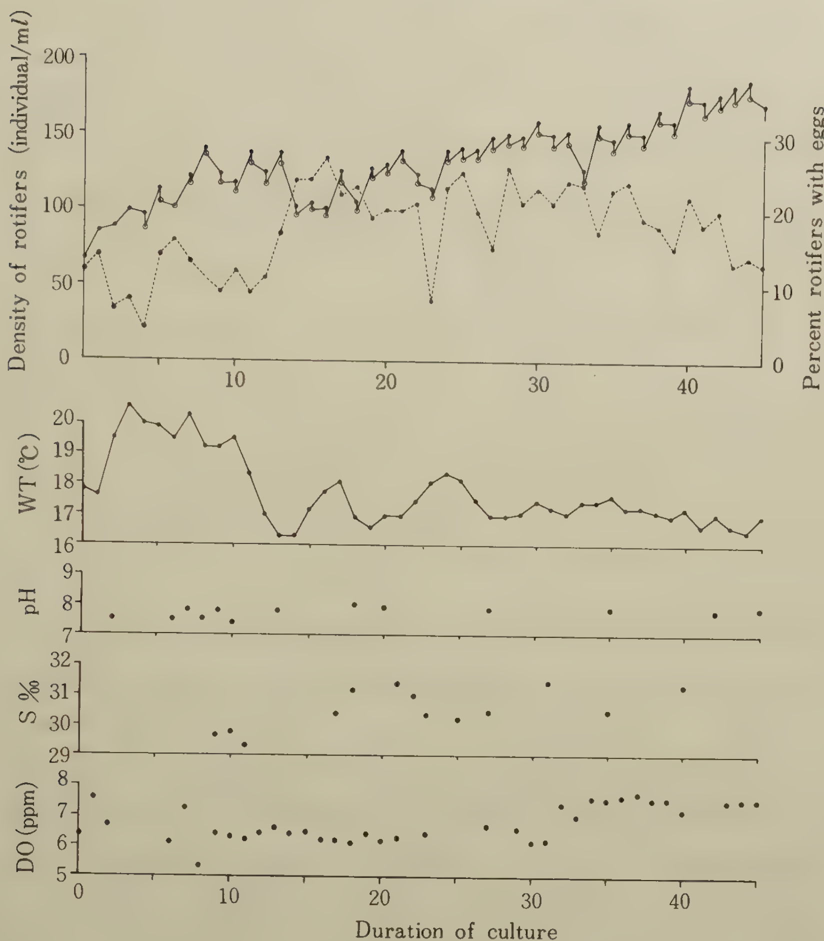


Fig. 4 *Brachionus plicatilis.* Daily changes in rotifer density and percent gravid adults (broken lines) and environmental conditions in the culture tank during the winter experiment.

3. Spring Experiment, February 1 to March 4, 1981

It is benefitable to culture the microbial flock at a lower temperature in order to save the running cost. In this experiment, the temperature was reduced from 30°C as used to be 25°C. Microbial flock culture was done in a 300-*l* tank in which the temperature varied from 24° to 27°C, and averaged 25.5°C. The density of rotifers fed on this microbial flock is shown in Figure 5, together with the environmental conditions in the rotifer culture tank. No feeding was done for the seventh day of this experiment. The average daily harvest of rotifers amounted to 12.20 million. This figure was 10% of the rotifer population. The number of gravid individuals varied from 10 to 40%. On the twelfth day of the experiment, a marked decrease in salinity resulted from the addition of the tap water to the rotifer culture tank. No serious influence on rotifer density was observed.

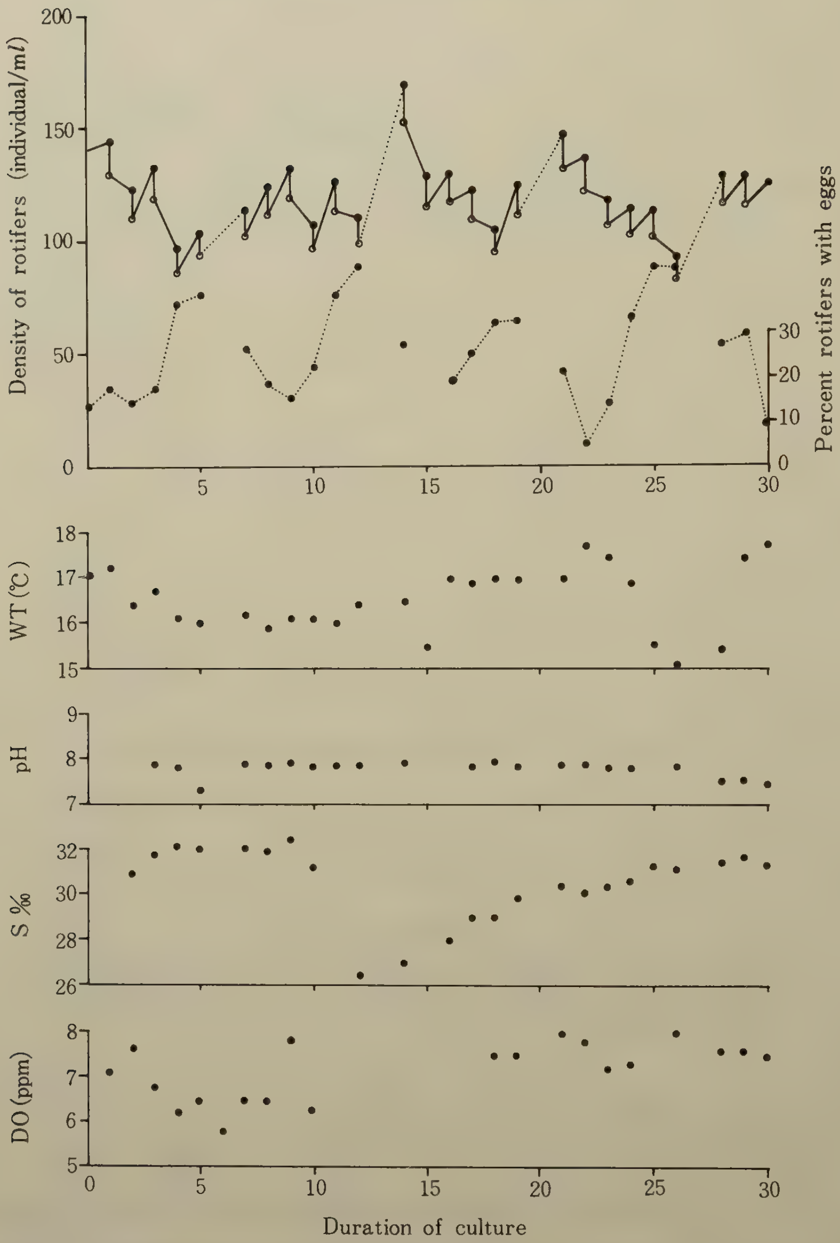


Fig. 5 *Brachionus plicatilis*. Daily changes of rotifer density, percent gravid adults (dotted lines) and environmental conditions in the spring experiment.

Discussion

When microbial flock is fed to zooplankton in a closed system a decrease in dissolved oxygen and the occurrence of sediment is usually observed. In the present experiment, heavy aeration and good water circulation were used to supply oxygen and remove suspended parti-

culate matter. CJC (1978) and ABE *et al.* (1980) described a method for culturing rotifers that used a pump to maintain the water quality in a closed culture system. Unfortunately, the pump in that system malfunctioned occasionally. In the present study, the benefits of an air-lift system (SPOTTE, 1979) were utilized. These experiments also confirmed that air-lift devices are suitable for culturing rotifers fed on microbial flock. It was possible to maintain rotifer densities of more than 150 individuals/m*l* that could be harvested daily to control the population growth.

When comparing the circulation provided by the air-lift versus that provided by pumps several benefits were confirmed:

1. Stoppages in water circulation usually resulted from the malfunction of a pump, because the pump must be used in a condition of high lift from the rearing tank to the filter tank. While, the air-lift proved to be a trouble free means of moving water and reducing running costs. The air compressor used for the air lifts worked well during the experimental periods in 1980 and 1981.

2. Gravid female rotifers were disturbed by the vortex created by the pump. Eggs were often separated from the females after passed through the pump. This phenomenon was not observed in the air-lift.

3. Water exchange between the rearing tank and the filter tank was accomplished better with the air-lift than that of the pump. The air-lift suitably controlled the water level in the rotifer tank and the filter container. In addition, the air-lift effectively supplied oxygen (STICKNEY, 1979) to the rotifer culture.

The successful use of the air lifts is expected to promote the expansion of culture techniques of rotifer by feeding microorganisms for practical purposes.

In the winter experiment, microbial flock cultured at a temperature of about 25°C was, for all practical purposes, useful for rotifer culture. This culture temperature was about 5°C lower than those described by CJC (1978) and ABE *et al.* (1980).

Rotifers reared at a temperature of 26°C sank to the bottom when placed in a larval fish rearing tank which had an ambient temperature of 9° to 12°C (winter experiment). It is assumed that the rapid transition from a high (26°C) to a low (10°C) temperature had a physiological effect upon the rotifers. The result was an inhibition of swimming activity. To prevent such rotifer sinking before fed to larval fishes, a reduction of the temperature in the rotifer culture tanks may be effective. Rotifer culture, fed on microbial flock, can be performed at ambient temeprature in summer and at 17°C in winter and spring.

For plankton culture in closed systems, good results depend largely on the maintenance of water quality during the rapidly growth phase. HIRATA (1977) assumed that micro and macro-algae played an important role in maintaining the homeostasis of artificial ecosystems.

HINO *et al.* (1980 a, b) also described the importance of phytoplankton when activated sewage used as a nutrient source. In the present study it was found likely that the control of oxygen levels is of importance when microbial flock is used as a food source. The constant suspension of the flock assists rotifer production and thus assures constant harvests of the rotifers for feeding.

This work is a part of the studies undertaken by the comprehensive research on reutilization of the alcohol fermentation slops which is sponsered by the grant of the Science and Technology Agency in 1979 and 1980. We wish to thank all member of the project team for their help, especially Dr. Yunosuke SAITO, Director of Aquaculture division organized the plan in the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory. Our sincere thanks are due to Mr. Thomas B. McCORMICK III for helpful comments and criticism.

References

ABE, T., K. HASHIMOTO and M. TOKUNAGA, 1980: Effect of AMT on the culture of wamusi (rotifer)-III. Scale up tests on mass culture of wamusi. (Mimeo).

CLEAN JAPAN CENTER, 1978: Investigation on developmental status of technology of reutilization (alcohol fermentation slop).

FUKUSHO, K., 1980: Mass production of a copepod, *Tigriopus japonicus* in combination culture with a rotifer *Brachionus plicatilis*, fed ω-yeast as a food source. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **46**(5): 625-629.

HINO, A., Y. NOGAMI and R. HIRANO, 1981a: Fundamental studies on the massculture technics of the rotifer *Brachionus plicatilis* making use of the secondary products of waste water treatment-I. Rotifer culture providing with activated sludge. The Aquiculture, **28**(4): 174-178.

HINO, A., Y. NOGAMI and R. HIRANO, 1981b: Fundamental studies on the massculture technics of the rotifer *Brachionus plicatilis* making use of the secondary products of waste water treatment-II. Food-chain in the medium. The Aquiculture, **28**(4): 179-183.

HIRATA, H., 1977: Homeostatic problems of artificial ecosystem in aquaculture. In Proc. 5th Japan-Soviet Joint Symp. Aquaculture, Sept. 1976, Tokyo & Sapporo (ed. S. MOTODA): 49-64.

HIRATA, H. and S. YAMASAKI, 1980: Steady-state zooplankton community in a feedback culture system. Microcosms in Ecological Research, Symposium Series 52 (CONF-781101): 402-415.

SEKI, F., 1966: Role of bacteria as food for plankton. Inform. Bull. Planktol. Japan, 13: 54-62.

SPOTTE, S., 1979: Fish and invertebrate culture, water management in closed systems., John Wiley & Sons, New York. 179 pp.

STICKNEY, R. R., 1979: Principles of warmwater aquaculture., John Wiley & Sons, New York. 375 pp.

TERAMOTO, K. and Y. KAWAMORI, 1980: Cultivation of the copepod *Tigriopus japonicus* by using alcohol fermentation slops. The Aquiculture, **27**(4) : 191-194.

TESHIMA, S., A. KANAZAWA, N. KAMEZAKI and H. HIRATA, 1981 : Fatty acids and sterol components of the rotifers cultured by a feedback system. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **47**(4) : 515-521.

WATANABE, T., T. ARAKAWA, C. KITAJIMA and S. FUJITA, 1978: Nutritional evaluation of proteins of living feeds used in seed production of fish. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **44** (9) : 985-988.

YASUDA, K. and N. TAGA, 1980: Culture of *Brachionus plicatilis* MÜLLER using bacteria as food. Bull. Japan. Soc. Sci. Fish., **46**(8) : 933-939.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

Shrinkage and Weight Loss of Marine Fish Food Organisms Preserved in Formalin*1

Dirk KUHLMANN*2, Osamu FUKUHARA and Harald ROSENTHAL*3

餌料性生物のホルマリン固定による収縮と重量変化

D.クルマン・福原 修・H.ローゼンタル

海産生物を固定するために広く用いられている4％ホルマリン水溶液が数種の餌料生物の長さおよび重さに与える影響を観察した。

長さの変化は *Eurytemora*, *Artemia*, *Neomysis*, 重量の変化は *Neomysis*, *Nereis*, *Gammarus* についてそれぞれ固定後100日まで調べた。体の長さの収縮は *Neomysis* で4％, *Artemia* で1.6％であったが, *Eurytemora* では大きな変化はなかった。固定による重量の減少は *Neomysis* で17.4％、*Nereis* で10.1％ *Gammarus* で10.3％であった。固定による長さの収縮および重量の減少は，いずれも固定後30日以内で大きかった。この期間における観察，測定には注意を要する。

Abstract

The shrinkage of *Eurytemora affinis*, *Artemia*-nauplii and *Neomysis integer* and wet weight changes of *Neomysis integer*, *Nereis virens* and *Gammarus locusta* after fixation in 4% formalin-seawater solution were followed over a period of 100 days. The mean length reduction of *Neomysis* and *Artemia* nauplii was 4% and 1.6% (days 25-100) of the initial length. The cephalothorax-length of *Eurytemora* did not change significantly. The wet weight reduction of *Neomysis*, *Nereis* and *Gammarus* due to preservation amounted to 17.4, 10.1 and 10.3% of the initial weights at the end of the observation period (100 days). Storage time less than 30 days caused variable weight changes.

Formalin preserved samples of aquatic organisms exhibit often different length-weight relationships than unpreserved specimens. The effect of preservatives on length and body weight varies considerably with concentration and exposure time. Length and weight determination of planktonic and benthic invertebrates usually are undertaken with preserved

Received: 11 December 1981. Contribution No. 114 from the Nansei Regional Fisheries Research Laboratory, Ôno-chô, Hiroshima-ken, 739-04, Japan.

*1 Prepared under the auspices of the German-Japanese agreement of scientific and technical cooperation in the field of marine research (Contribution No. 5).

*2 Institute für Meereskude an der Universität Kiel, Düsternbrooker Weg 20, D-2300 Kiel, Federal Republic of Germany
*3 Biologische Anstalt Helgoland, Zentrale Hamburg

material.

Correction factors for original size and weight of preserved specimens have recently been described for adults and larvae of several fish species (AMOSOV, 1960; BLAXTER, 1971; DAVIS, 1973; PARKER, 1963; LOCKWOOD and DALY, 1975; ROSENTHAL and v. WESTERNHAGEN, 1976; ROSENTHAL *et al.*, 1978; SCHNACK and ROSENTHAL, 1978; FUKUHARA, 1979). Only a few investigators describe quantitatively the changes in length or weight of planktonic crustacean (AHLSTROM and THRAILKILL, 1962; LASKER, 1966; HOPKINS, 1968; OMORI, 1970, 1978; DURBIN and DURBIN, 1978; LANDRY, 1978; CHAMPALBERT and KERAMBRUN, 1979) and macro-benthic invertebrates (HOWMILLER, 1972) when preserved in formalin for various periods of time.

This study was carried out at the Aquaculture Experimental Station Kiel-Bülk to determine the influence of the preservative formaldehyde on the food organisms *Eurytemora*, *Artemia*, *Neomysis* and *Gammarus*, which play an important role in the fish rearing process as well as in fish stomach analyses and estimates of the standing stocks.

Materials and Methods

The food organisms *Artemia* (newly hatched nauplii), *Eurytemora affinis* (ripe female), *Neomysis integer* (adults), *Nereis virens* (adults, 50 mm) and *Gammarus locusta* (adult males, 15 mm) used, were collected in outdoor tanks of the Aquaculture Experimental Station Kiel-Bülk.

The length of freshly caught animals was measured using a binocular in connection with a "Wild Censor" and their weight was determined using a "Mettler" balance (H 54 AR). The length accuracy was 0.01 mm for *Artemia*-nauplii and *Eurytemora* and 0.1 mm for *Neomysis*. The weight accuracy was 0.01 mg for *Neomysis*, *Gammarus* and *Nereis*, respectively. For weight measurement the following standard handling procedure was employed: Specimens were removed from the individual sample, blotted on absorbant paper for 30 sec., and weighted immediately in the following 30 sec., so that the whole procedure for each individual took not more than one minute.

The samples were preserved by the standard preservation of a 4% formalin-non-buffered seawater solution (17‰ S ambient salinity, 18 ± 2°C). Of the mysids, gammarids and polychaetes 5 adult specimens each were held separately in 100 m*l* bottles and 10 copepods and 10 *Artemia*-nauplii in 10 m*l* tubes. The identical individual of specimen was measured at each observation.

For length measurements the cephalothorax-length for *Eurytemora* was used. *Neomysis* was measured from the top of the eyes to the end of the telson. Bend specimens were straightened by tweezers. For *Artemia*-nauplii total length was determined. For *Nereis* and

Gammarus weight changes were employed as criteria for the effect of formalin preservation.

Results and Discussion

The effects of a 4% formalin-seawater solution on changes in body length of *Eurytemora*-females, *Artemia*-nauplii and adults of *Neomysis* over a total time of 100 days are described in Fig. 1 and Table 1. The length of *Artemia*-nauplii and copepods increased after preservation between day 0 and 5 and between day 0 and 1, respectively. After that period measurable size reductions occurred, which finally were stabilized at mean values of 1.66% (day 25-100) and 4.4% of the initial length for *Artemia* and *Neomysis*, respectively. Although stabilized size reduction for *Eurytemora* deviated by 0.27% from the initial length of the cephalothorax, these values are not significantly different from the unpreserved specimens. The major changes in wet-weight of *Gammarus*, *Nereis* and *Neomysis* occurred within the first 30 days (Fig. 2, Table 2). *Gammarus* specimens gained weight during the first 7 days after preservation. Similarly the loss of weight of *Neomysis* and *Nereis* showed strong fluctuations during the first month. The average weight

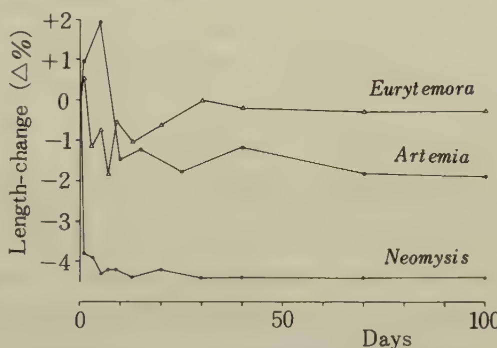


Fig. 1. Mean length changes in *Neomysis*, *Eurytemora* and *Artemia*-nauplii due to preservation in a 4% formalin seawater solution.
△% = per cent length change relative to day 0.

Table 1. Mean length changes (in mm) in *Neomysis* (n=5), *Eurytemora* (n=10) and *Artemia*-nauplii (n=10) due to preservation in a 4% formalin seawater (17‰ S) solution. X̄ = mean length (mm); SD = standard deviation; △% = per cent length change relative to day 0.

Species		Storage time (days) after preservation											
		0	1	3	5	7	9	13	20	30	40	70	100
Eurytemora affinis	X̄	0.98	0.99	0.97	0.97	0.96	0.98	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
	SD	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.03
	△%		+0.51	−1.12	−0.71	−1.83	−0.51	−1.02	−0.61	0	−0.20	−0.28	−0.25
Neomysis integer	X̄	11.9	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4
	SD	1.05	1.02	1.06	1.09	0.90	0.98	1.04	1.03	1.01	1.01	1.05	1.11
	△%		−3.8	−3.9	−4.3	−4.2	−4.2	−4.4	−4.2	−4.4	−4.4	−4.4	−4.4
		0	2		5		10	15	25		40	70	100
Artemia-nauplii	X̄	0.41	0.42		0.42		0.41	0.41	0.41		0.41	0.41	0.40
	SD	0.019	0.019		0.015		0.016	0.014	0.015		0.016	0.016	0.017
	△%		+0.97		+1.92		−1.46	−1.21	−1.79		−1.16	−1.82	−1.86

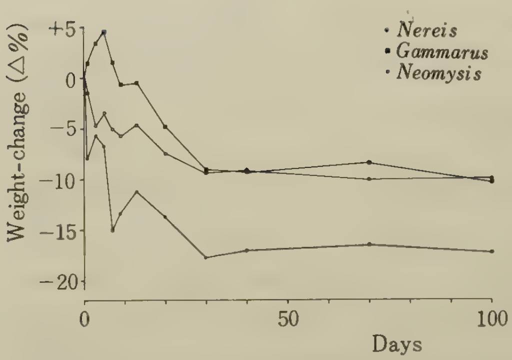


Fig. 2. Mean weight changes in *Nereis*, *Gammarus* and *Neomysis* due to preservation in a 4% formalin seawater solution. △%=per cent weight change relative to day 0.

reduction after 100 days was 17.4, 10.1 and 10.3% of the initial weight of *Neomysis*, *Nereis* and *Gammarus*, respectively. Shrinking rate became constant in all three species after 20-30 days of fixation. As indicated by the standard deviations (Table 2) the individual weights of the preserved animals were quite variable.

However analysis of variance indicated that from day 30 to 100 no significant difference exist between the 5 individually maintained specimens of each species on the 5% level, according to the individual relative length in relation to day 0 (comparison after arcsin$\sqrt{\%}$ transformation).

The length of *Eurytemora* proved to be fairly constant in both preserved and unpreserved specimens, which agree with observations also reported by DURBIN and DURBIN (1978) for *Acartia clausi*, showing no significant changes in length in 3% formalin preservation over a period of 41 weeks. Both results support, that because of its consistance, the cephalothorax-length is the most useful measure size of copepods (CORKETT and MCLAREN, 1978).

In contrast to the unsignificant length-change OMORI (1970) described a 54% loss of dry weight in *Calanus cristatus* and DURBIN and DURBIN (1978) also stated a loss of 29.5% dry weight of *Acartia clausi*. HOWMILLER (1972) found that tubificid worms lost 24% and chironomid larvae 42% of their initial wet weight after 44 days fixation in 4% formalin, respectively.

From our observations it seems obvious, that shrinking rate determination is not necessary

Table 2. Mean weight changes (in mg) in *Neomysis*, *Nereis* and *Gammarus* (n=5 each) due to preservation in a 4% formalin-seawater (17‰ S) solution. $\overline{X}$=mean wet weight (mg); SD=standard deviation; △%=per cent change relative to day 0.

Species		Storage time (days) after preservation											
		0	1	3	5	7	9	13	20	30	40	70	100
Neomysis integer	$\overline{X}$	13.4	12.4	12.6	12.5	11.4	11.6	11.9	11.6	11.1	11.1	11.2	11.1
	SD	3.9	3.9	4.2	4.3	3.8	4.0	4.2	4.0	4.2	4.2	3.7	4.0
	△%		−8.0	−5.7	−6.7	−15.1	−13.4	−11.3	−13.8	−17.8	−17.1	−16.6	−17.4
Nereis virens	$\overline{X}$	681	671	649	657	646	642	649	630	617	617	612	612
	SD	239	261	253	267	255	261	247	230	239	240	243	242
	△%		−1.5	−4.7	−3.5	−5.1	−5.7	−4.7	−7.5	−9.4	−9.4	−10.1	−10.1
Gammarus	$\overline{X}$	79.5	80.6	82.2	83.1	80.7	79.0	80.0	75.6	72.2	72.0	72.8	71.3
	SD	19.3	18.4	19.7	20.0	17.4	19.7	19.2	17.4	18.8	17.2	18.2	17.3
	△%		+1.4	+3.4	+4.5	+1.52	−0.69	+0.65	−4.9	−9.2	−9.4	−8.4	−10.3

for preserved specimens of *Eurytemora* as long as cephalothorax or other parts of the exoskeleton are used for size characterization. Weight reduction stabilizes after a certain period in most of the species observed, so that preserved samples can be characterized at any time by the initially determined correction factor.

References

AMOSOV, V. A., 1960: Changes in weight and length of fish after fixation in formalin followed by soaking in water. Voprosy Iktiol., 16: 187-190.

AHLSTROM, E. H. and J. R. THRAIKILL 1962: Plankton volume loss with time of preservation. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. Rep. 9: 57-73.

BLAXTER, J. H. S., 1971: Feeding and condition of Clyde herring larvae. Rapp. P.-v. Réun. Const. per. Expor. Mer. 160: 128-136.

CHAMPALBERT, G. and P. KERAMBRUN 1979: Influence du mode de conservation sur la composition chimique élémentaire de *Pontelle mediterranea* (Copepoda: Pontellidae). Marine Biology, 51: 357-360.

CORKETT, CH. J. and I. A. MCLAREN 1978: The biology of *Pseudocalanus*. In: Advances in Marine Biology 15, 1-231. Ed. by F. S. RUSSEL and M. YONGE. Academic Press, London.

DAVIS, C. W., 1973: Shrinkage of Atlantic herring larvae preserved in formalin. ICNAF Res. Doc. Ser. 1-3.

DURBIN, E. G. and A. G. DURBIN 1978: Length and weight relationships of *Acartia clausi* from Narragansett Bay, R. I. Limnol. Oceanogr. **23**(5): 958-969.

FUKUHARA, O., 1979: On the shrinkage of eggs and larvae of red sea bream, *Chrysophrys major*, preserved in the formalin. The Aquiculture. **23**(3): 129-136.

HOPKINS, T. L., 1968: Carbon and nitrogen content of fresh and preserved *Nematoscelis difficilis*, a Euphausiid Crustacean J. Cons. 31: 300-304.

HOWMILLER, R. P., 1972: Effects of preservatives on weights of some common macrobenthic invertebrates. Trans. Amer. Fish. Soc. 4: 743-746.

LANDRY, M. R., 1978: Population dynamics and production of a planktonic marine copepod, *Acartia clausi*, in a small temperate lagoon on San Juan Island, Washington. Int. Rev. Ges. Hydrobiol. 63: 77-119.

LASKER, R., 1966: Feeding, growth, respiration, and carbon utilization of a Euphausiid crustacean. J. Fish. Res. Bd. Can. **23**(9): 1291-1317.

LOCKWOOD, S. J. and C. de B. DALY 1975: Further observations on the effects of preservation in 4% neutral formalin on the length and weight of O-group flatfish. J. Cons. int. Explor. Mer. 36: 170-175.

Omori, M., 1970: Variations of length, weight, respiration rate, and chemical composition of *Calanus cristatus* in relation to its food and feeding. In: Marine food chains, 113-126. Ed. by J. H. Steele. Oliver and Boyd, Edinburgh.

Omori, M., 1978: Some factors affecting on dry weight, organic weight and concentrations of carbon and nitrigen in freshly prepared and in preserved zooplankton. Int. Rev. Ges. Hydrobiol. 63: 261-272.

Parker, R. R., 1963: Effects of formalin on length and weight of fishes. J. Fish. Res. Bd. Can. **20**(6): 1441-1445.

Rosenthal, H. and H. v. Westernhagen 1976: Effects of formalin fixation on length, weight and condition factors of three siganid species. Arch. FischWiss. **27**(1): 37-43.

Rosenthal, H., D. Kuhlmann and O. Fukuhara 1978: Shrinkage of newly hatched larvae of the red sea bream (*Chrysophrys major* Temminck & Schlegel) preserved in formalin. Arch. FishchWiss. **29**(1/2): 59-63.

Schnach, D. and H. Rosenthal 1978: Shrinkage of Pacific herring larvae due to formalin fixation and preservation. Meeresforsch. 26: 222-226.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

マダイの種苗生産に関する生物学的研究—I

側線器官の発達とそれに伴う行動の変化

岡本　亮・松永　浩昌・船江　克美・久岡　実

Biological studies on the mass production of juvenile red sea bream *Chrysophrys major* TEMMINK et SCHLEGEL —I.

Development of lateral-line organs and its bearing on behavioral changes

Ryo OKAMOTO, Hiroaki MATSUNAGA
Katsumi FUNAE and Minoru HISAOKA

It has been required to establish techniques to produce juveniles of red sea bream, one of the commercially important marine fishes, in the extensive scales, through culturing the fish at different stages suitable to the ecological features. The formation of lateral line organs of the fish is examined in order to understand changes of the behaviors of the fish through the development in the early life.

The materials are larvae reared from the eggs artificially fertilized in Nansei Regional Fisheries Research Laboratory in June 1980.

Larvae immediately after hatching had eight to 13 (mean, 10.4, N =140) neuromasts on both sides of the trunk. The neuromasts measured 30-50 μm in width and 20-30 μm in height, and the cupulae attaching to neuromasts 15-20 μm in width and 90-100 μm in length. The neuromasts-cupulae are similar in fundamental structures to those described for the gobiid *Tridentiger trigonocephalus*, the congrid *Rynchocymba nystromi*, the percid *Perca fluviatilis*, etc. While larvae with five neuromasts-cupulae on each side were most frequently encountered (48% of the total specimens examined), the number of the neuromasts-cupulae was not always equal to both sides of an individual, and eight different patterns, either symmetrical or asymmetrical, were observed in the distribution of the organs.

The developmental process of the lateral-line system can be divided into the following three stages: 1) differentiation of the neuromast from the placode and formation of the cupulae; 2) rapid increase in number of the neuromasts-cupulae; 3) formation of the lateral line canal and completion of the lateral line system. The first stage corresponds to the prelarval stage, at which larvae show a simple vertical movement repeating slow sinking by their own weight and

1981年12月18日受理，南西海区水産研究所業績　第115号，〒739-04　広島県大野町

surfacing by the vigorous movement of their tail part. Since the surfacing is considered essential for their survival, the sense of the neuromasts-cupulae system seems to play an important part for their survival, supplementing the senses of the eyes and other organs which are then not well developed. The second stage is so-called metamorphosing stage at which the most drastic chang in their life history occur in the ecology as well as morphology of the fish. The third stage is a period when the morphological and ecological features specific to *C. major* are acquired. The lateral line system were completed about two months after hatching.

It is to be noted that the neuromasts differentiated in advance of the formation of other organs such as eyes fins, scales and teeth.

近年，マダイをはじめとする海産魚類の種苗生産技術が著しく進展し，経年的な減少傾向の著しいマダイ資源の培養・回復を目的に，日本栽培漁業協会や各県機関による人工生産種苗の共同放流事業がなされるようになり，種苗の生産が企業としても成立し得る段階にまで到達している。

しかしながら，一方，稚仔魚飼育期間中に見られる大量へい死の原因は今日なお，解明されていないし，放流に際して種苗のサイズ（発育段階）や適応性の違いが，その後の効果判定を困難にしており，これらは対象魚種の発生ならびに発育段階による生理・生態的特異性，つまり生物学的知見の不充分さによるところも少くないと考えられる。

こうしたことから筆者らは，各発育段階に適合した飼育の在り方を探索し，合理的な種苗生産技術を確立する目的で，稚仔魚の発育や各器官形成と，それに伴う生態変化の特性などを逐次明らかにしたいと考えている。

魚類側線器官の機能に関しては，HOFER[1]が *Esox lucius* で，体側の遊離感丘が水流に感応することを証明して以来，我が国でも数多くの研究者によって注目されるようになった。稚仔魚の側線系分布，構造などに関しても，佐藤[2]，道津[3,4]，疋田[5]，IWAI[6,7,8]，森ら[9]，DISLER and SMIRNOV[10] 等の記載があり，特に佐藤[2]は，コイ *Cyprinus carpio* について，DISLER and SMIRNOV[10]は *Perca fluviatilis* 及び *Gymnocephalus cernua*（共にスズキの類）について，placode からの感丘分化，頂体の形成，遊離感丘への移行など，器官発達の側面から詳細な報告を行っている。

しかしながら，マダイ稚仔魚の側線器官 lateral line organ に関しては，岸上[11]，山下[12]等によって感丘・頂体の数が記載されているのみで，その発達経過や，それと行動，生態などとの関わりなどについてはふれていない。筆者らは人工授精を起点とするマダイ稚仔魚を飼育観察するとともに，その間に見られる側線器官の形成，発達と，稚仔魚の生態との関係について検討吟味を加え，2，3の知見を得たので報告する。

本研究を遂行するにあたり，研究開始以来終始適切な助言と指導を頂き，原稿校閲の労を賜わった東京水産大学教授小笠原義光博士に深謝するとともに，組織標本の作成に当って，種々ご協力頂いた，当水研石岡宏子主任研究官に厚くお礼申し上げる。

材 料 と 方 法

1. 供試魚

試験に用いた稚仔は，海面生簀網で飼育した3歳親魚（♀全長34cm，体重880gと♂32cm，730g）から搾出，人工授精した卵を、当研究所の室内1トン容 polycarbonate 水槽でふ化させ，飼育したものである。

飼育期間中の餌料はマガキ *Crassostrea gigas* 幼生（ふ化後2日～8日），シオミズツボワムシ *Brachionus plicatilis*（2日～30日），シオダマリミジンコ *Tigriopus japonicus*（10日～40日）などで，ふ化後1ケ月目からは，冷凍アミ *Neomysis intermedia* と生鮮魚貝肉のミンチを投与した。またこの間の環境条件は，特定の試験区を除き，水温20.0～22.6℃，塩分28.9～30.8‰，溶存酸素量4.9～5.5mℓ/ℓ，照度（昼間）2500～5000 Lux の範囲にあった。また，換水量は当初，100ℓ/日（4日～8日）から，200ℓ/日（9日～20日），魚肉への切替え時以後は1000ℓ/日と次第に大きくし，溶存酸素量の低下と給餌その他による飼育水の悪化を防いだ。

2. 観察方法

飼育期間中，発育段階毎に，適宜稚仔魚を抽出し，そのまま生体観察あるいは，methylen blue で生体染色して観察した（主として位相差顕微鏡使用）。また，必要に応じて10% neutral formaline，Bouin's solution などで固定し，formaline 固定標本は実体顕微鏡下で解剖針を用いて表皮を剝離し，感丘・頂体の形態，大きさ，配列などの点について精査するとともに，Bouin's sol. 固定標本は常法に従って preparate（Mayer's haemalum 染色）を作成し，使用した。

結 果

1. 稚仔魚期における側線器官の形成部位と構造

Fig. 1 にふ化後1日目及びふ化後1ケ月目の仔魚にみられる感丘 neuromast，頂体 cupula の形成部位を示した。

マダイの場合，軀幹部には頭部から尾部へ向けて，鱗の下を走る側線管 lateral line canal が存在し，鱗を貫いた小孔で体表に連絡している。また，頭部には，上眼窩管 supraorbital canal，下眼窩管 suborbital canal，下顎管 mandiblar canal 及び側頭骨上管 supratemporal canal などが認められる。

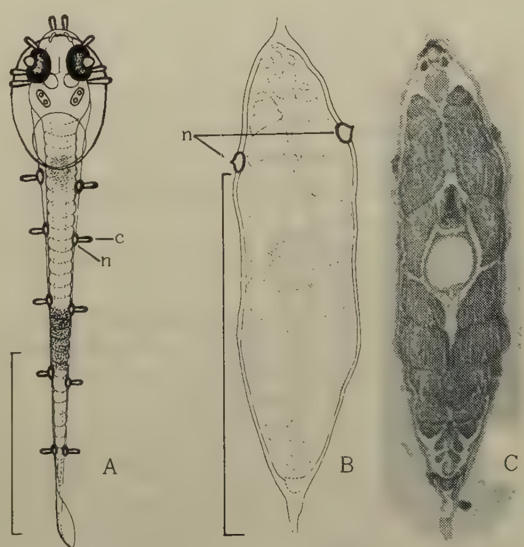


Fig. 1 Position of neuromasts-cupulae formed on the body of larval *Chrysophrys major*.
A: 1 day after hatching (dorsal view).
B, C: 20 days after hatching (sectional view).
N, neuromast; C, cupula.
Scale bar indicates 1 mm.

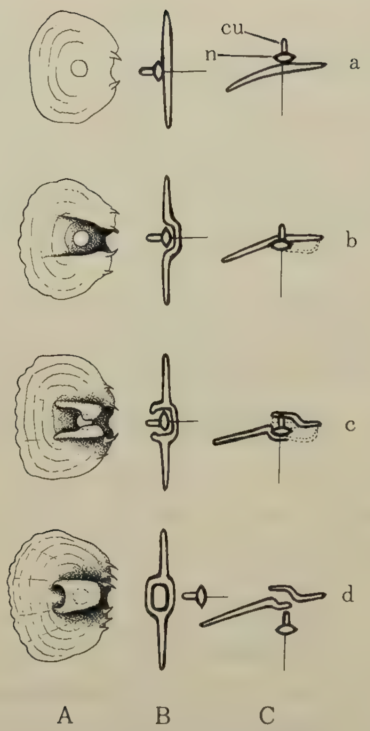


Fig. 2 Formation of lateral line scales and sinking of neuromasts.
A: Dorsal view.
B: Sectional view.
C: Side view.
n, neuromast; cu, cupula.
a: Larval membrane disappears, neuromasts attach directly to corium. Lateral line scales appear.
b: Part of lateral line scales sink and make a hollow.
c: Two rooves are formed over the hollow.
d: Two rooves combine with together and the tubes of lateral line scales are completed. Neuromass sink further.

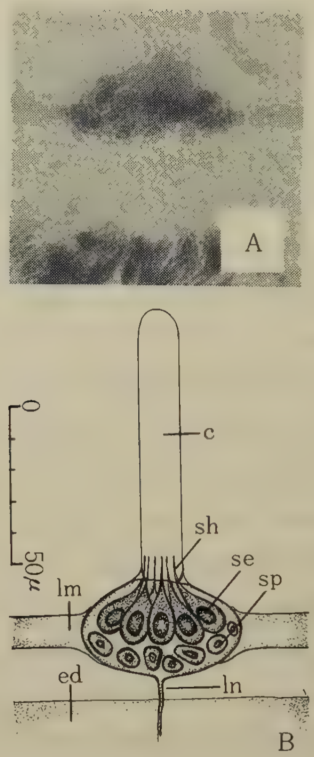


Fig. 3 Neuromast and cupula of *Chrysophrys major* at a larval stage.
A: Neuromast supported by larval membrane.
B: Diagramatic drawing of the neuromast and cupula.
c, cupula;
sh, sensory hair;
se, sensory cell;
sp, supporting cell;
ln, lateral line nerve;
lm, larval membrane;
ep, epidermis.

Fig. 1 に示すように，側線神経の先端に開く感丘・頂体は，最初仔魚膜によって支持されているが,仔魚膜の消失とともに次第に表皮側へひき寄せられ,ついには側線鱗を貫通して，側線孔の内側へ定着する。この経過については Fig. 2 に示した。すなわち，表皮にまでひき寄せられた感丘・頂体は,真皮に由来する初生側線鱗の表層に位置するようになる(Fig. 2-a)。やがて，その側線鱗の後方，基底板方向に凹みができ(Fig. 2-b)，その凹みの両側から，鱗の一部が盛り上って融合し(Fig. 2-c)，管，側線孔が形成される (Fig. 2-d)。 -方，感丘・頂体は，Fig. 2-a～d に示すように，次第に位置を移動して，側線鱗の下方，筋肉側に至り，その先端を側線孔の直下に対面させ定着する。

ふ化後3日目の感丘・頂体の構造を Fig. 3-A に示した。これらの器官はいずれも仔魚膜によって支持されている。また，この時期の感丘・頂体は，体表外の環境水と直接に接触しており，位相差顕微鏡を用いると，感丘のみでなく，頂体も鮮明に観察される。したがって，これらを計測し，頂体を加えて模式化したものが Fig. 3 B である。頂体は透明であり，図の如く，体軸へ対して常に垂直になっているのではなく，曲がったり，あるいは変形していることさえあるし，感丘・頂体の大きさも，出現の部位あるいは時期などによって多少異る。ふ化後3日目に仔魚の体側にみられる感丘の幅は30～50μm，高さ20～30μm，頂体の幅は15～20μm，長さ90～100μmであった。

2．側線器官（感丘・頂体）の分布様式

軀幹部に形成される感丘と頂体数を Table 1 に，分布様式（型）を Fig. 4 に示した。

1尾の仔魚に形成される感丘・頂体数は一様でなく，個体によって8個から13個の範囲にわたり，その平均値は，10.4個であった。また，形成分布様式は，左右同数の場合においても，必ずしも“対”をなさない。検鏡した140尾中，感丘・頂体が8個（1尾）及び13個（1尾）の仔魚もあったが，大略，左5：右4（以下9―l型とする），左4：右5（9―r），左6：右4（10―l），左5：右5（10―e），左4：右6（10―r），左6：右5（11―l），左5：右6（11―r），及び左6：右6（12―e）の8型式に分類することが可能である。また，この数及び分布様式について，更に成長の進んだ仔魚（ふ化後4～5日）を調べた場合にも上述の8型式が存在している。

Fig. 4 に示すように，最も多発する型式は，10個の左右同数型（10―e 型）であり（48%），総計が偶数の場合でも左右不相称型の多発する点は興味深い。また，総計が奇数の場合，左側多数型と右側多数型は，ほぼ半分ずつの割合となっている。

Table 1. Number of neuromasts-cupulae on the trunk of *C. major* at the prelarval stage, 2 days after hatching.

Number of neuromasts-cupulae	Type: l	Type: e	Type: r
9	l-5 : r-4 6	———	l-4 : r-5 8
10	l-6 : r-4 1	l-5 : r-5 69	l-4 : r-6 2
11	l-6 : r-5 14	———	l-5 : r-6 16
12	———	l-6 : r-6 22	———

l : More neuromasts-cupulae on left side than on right side
r : More neuromasts-cupulae on right side than on left side
e : Number of neuromasts-cupulae equal on both sides

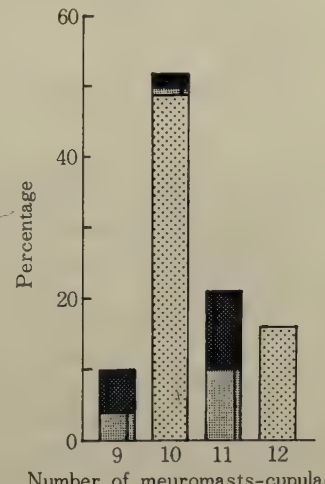
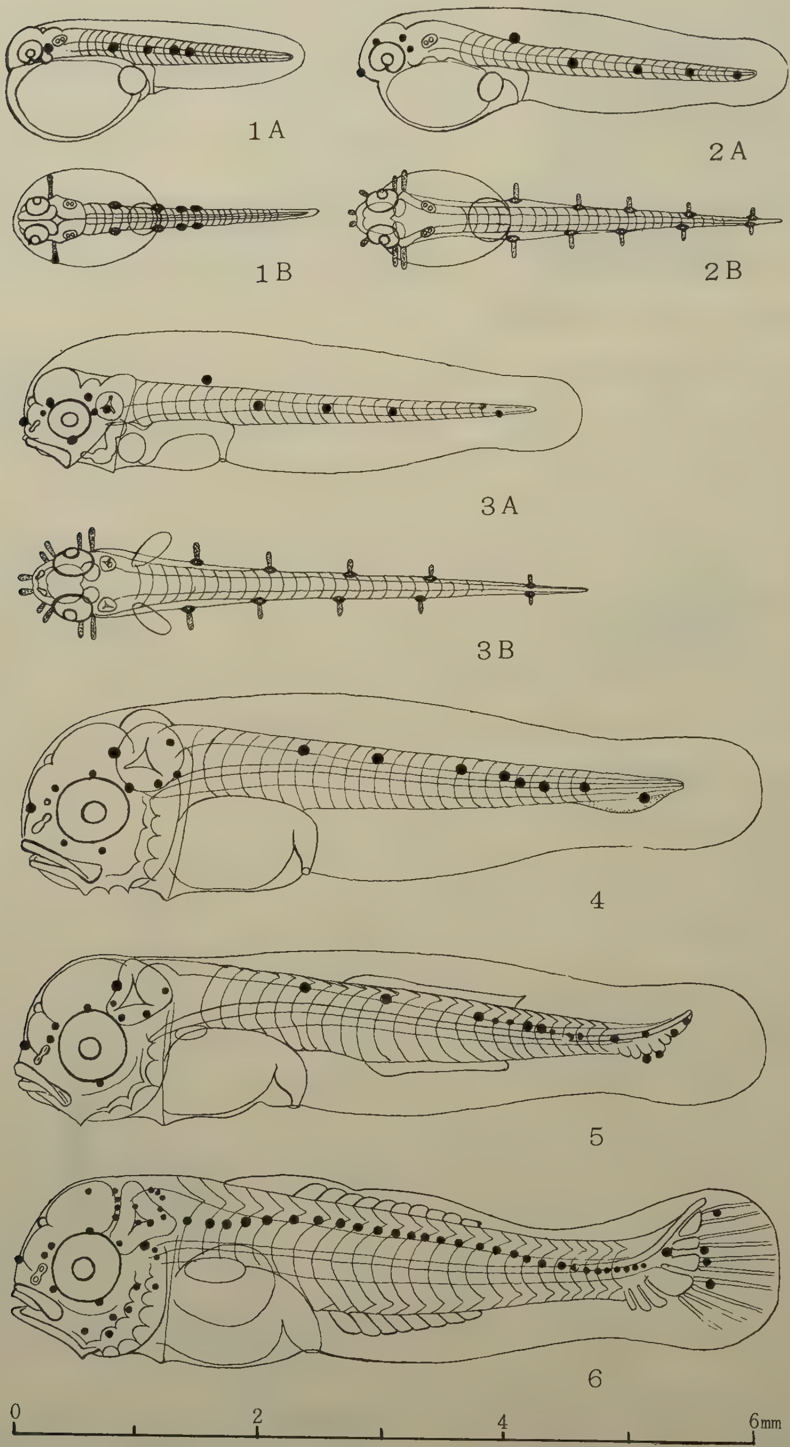


Fig. 4 Distribution of neuromasts and cupulae on the side of the trunk of larval *Chrysophrys major*.

A More neuromasts-cupulae on left side than on right side
B More neuromasts-cupulae on right side than on left side
C Number of neuromasts-cupulae equal on both sides


1A
2A
1B
2B
3A
3B
4
5
6
0
2
4
6mm

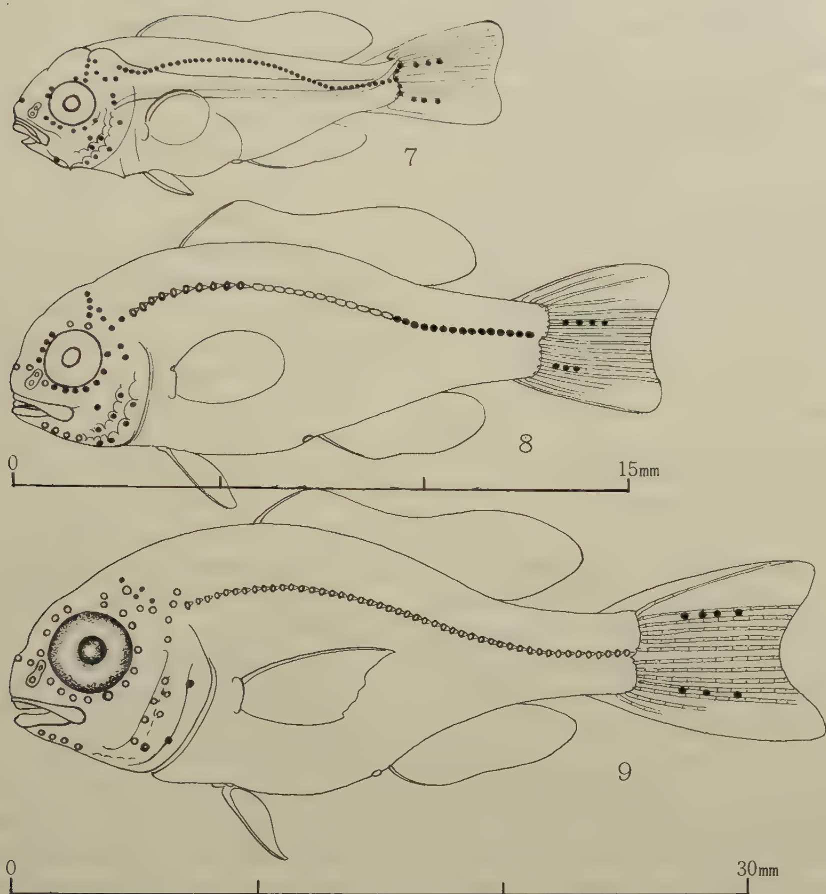


Fig. 5 Development of *Chrysophrys major* and its lateral line organs.
1: Immediately after hatching (A: Dorsal view. B: Side view.), differentiation of neuromasts from placode and formation of cupulae. 2: 1 day after hatching. 3: 3-4 days after hatching. 4: 12-13 days after hatching. 5: 15-17 days after hatching. 6: 20-22 days after hatching, remarkable increase in number of neuromasts and cupulae. 7: 25-30 days after hatching. 8: 35-40 days after hatching. 9: 50-60 days after hatching, completion of lateral line organs.

3. 成長に伴う側線器官の発達と行動の変化

稚仔魚の成長に伴う側線器官の発達と，他の器官形成や行動変化との関係は次のように対比される（Fig. 5—1～9）

ふ化後の日数	側線器官の発達	他の器官形成と行動の変化
ふ化直後	頭部，耳胞前方に顕著な1対の感丘が存在し，頂体が形成されている。また，軀幹部背面からは分化過程にある4対の placodes の肥厚と，分化した感丘の間には，これらを連結する神経繊維が確認される（Fig. 5-1）	全長1.9～2.1㎜で大きな卵黄嚢 yolk sac と油球 oil globule を持ち，これを上側にして水面に浮遊している。時どき尾柄を激しく振動させるが，極めて瞬間的で，静止時間の方がはるかに長い。心臓の博動数は96～102回／分で，口はまだ開いていない。
1	placodesの分化は，更に進み，頭部に5対（このうち1対は背面から観察されない），軀幹部に8～13個(必ずしも対を形成しない)の感丘・頂体が確認されるが，頭部では，最初に形成された耳胞前方の1対が最も大きく，鼻孔前部の頂体は，短くて太い。また，軀幹部の第4～5筋節に形成される1対は，脊索よりも稍々上方に，尾端部の1対は下方に，他の感丘は脊索線上に配列される。（Fig. 5-2）	卵黄，油球ともにかなり吸収され，このため仔魚は頭を下にして水面近くに懸垂状態となる。その後，経時的に自重で沈降し，ほぼ一定の水深まで下ると，突然，尾柄を激しく振動させて水面にまで復帰する。この時期の仔魚は終日この行動を反復する。沈降復帰の行動は，開口，正位姿勢での遊泳が始まるまで続き，自重の増大に伴って，その沈降幅は次第に大きくなる。
3～4	上眼窩線部位及び耳胞部位に新たに感丘を分化するが，背面からの観察では，頭部に存在するすべての頂体を確認することはできなかった。この時期，軀幹部位での顕著な変化はなく，一般に尾部方向へ行くに従って頂体が小型化する傾向が見られる。（Fig. 5-3）	卵黄吸収が更に進み，油球は完全に肝臓へ取り込まれる。顎骨，鰓弓，心臓などの分化が顕著になるとともに，口と肛門，鰓孔などが開き，胸鰭が発達して正位姿勢での遊泳が始まる。また，この時期より，微弱な索餌様の行動が観察される。
12～13	これまで，ほぼ脊索線上に在った感丘が，脊椎上端付近にまで上昇し，尾部（尾鰭形成部位）に新たな感丘が現われる。また，軀幹部最前の感丘1対は，軀幹の肥大に伴って，相対的に位置を下げ，他の感丘とほぼ1列になる。（Fig. 5-4）	体高・体幅の増加が始まり，前鰓蓋骨前縁に小棘，口腔内に小歯，咽頭歯などが現れ，耳胞が大型化する。一方，脊索末端下部は，尾鰭の形成を示唆する不透明なふくらみを生ずる。この時期の仔魚は光に対して極めて鋭敏な反応を示す。
15～17	尾部脊索線上に分化過程にある小型の感丘3個（片側）が認められ，尾下骨形成部位には4個の顕著な感丘ができる。（Fig. 5-5）	仔魚の脊索末端が上昇（湾曲）して，その部位に尾下骨の原基が形成されるとともに，背鰭，臀鰭など原基の基底ができ始める。
20～22	この頃より，頭部感丘の配列が急激に複雑となる。すなわち，耳胞付近，後頭管系とその前方上・下眼窩管系，及び鰓蓋表面，眼面神経舌顎板上などに新たな感丘を形成する。一方，軀幹部では，ほぼ各筋節毎に感丘ができ，側線の形成位置を明確に示すようになるが，これらの感丘は，形成過程にあるため，大きさは甚だ不均一である。また，それまで，尾下骨先端に存在していた4個の感丘が，形成の始まった尾鰭軟条部位へと移動する。（Fig. 5-6）	体高・体幅が更に増大し，脊索末端(尾柄)の湾曲上昇がほぼ終了，不対鰭には軟条が形成される。また，上下両顎には，犬歯型の鋭い歯牙が形成される他，鰓板・鰓耙の発達や筋節の形態変化が著しく，仔魚型から稚魚型への移行時期であることを示している。また，この頃の稚仔魚は，盛んに摂餌をすることは勿論，他の稚仔魚が接近すると，それを回避し，あるいは攻撃する行動を示すようにもなるなど，生態的にも著しく変化する。

ふ化後の日数	側線器官の発達	他の器官形成と行動の変化
25 〜 30	下顎管及び眼面神経舌顎板線上に，新たな感丘が加わる。軀幹部側線上の感丘が著しく増えて，1筋節ごとに2〜3個となり，尾部では，尾鰭の中心線から上下ともに第3軟条と第4軟条の間に3〜5個の感丘ができる。（稀に第4軟条と第5軟条の間の場合も見られる）この段階を（a）とする。 尾柄部で鱗と感丘の接触が始まる。（将来，側線鱗となるこれらの鱗は，発生上，他の鱗が1棘で始まるのに対して，最初から2棘を備えている）つまり，軀幹部前方の感丘は鱗群の上方に，尾柄部の感丘は全て鱗上に在る。（Fig. 5-7）	各鰭棘条，軟条の形成・分節が盛んとなり，軀幹中央部に初生鱗が生ずる。 光（明るさ）に対する反応が，次第に明嗜好から暗嗜好の方向に移行し，このことに伴って，遊泳層も次第に深くなる傾向が見られる。索餌は Brachionus から Tigriopus へと，より大型のもの，動くものに対して選択的な興味を示すようになる。 鱗は体表の被覆面を次第に拡張して，軀幹中央部で2〜3列となる。魚体の行動は更に敏捷となり，範囲も拡大して，自分より少しでも小型の魚体に遭遇すると“ツツキ”あるいは“咬み合い”の行動を示すようになる。
35 〜 40	側線鱗の前方部位から，これまで体表に露出していた感丘が，鱗の一部とともに沈降し始める。頭部では，感丘が沈降した跡と考えられる孔と，未だ表面に露出している感丘とが共存する。（Fig. 5-8）	軀幹・体高が更に増大し，タイ型の体型となるとともに鱗は全体表を覆う。また，この時期になると，Tigriopus や Oithona など Copepoda（活餌・動くもの）に限らず，魚貝肉のすり身などいわゆる死餌もよく摂食し，成長・肥満が著しい。
50 〜 60	頭部では，未だ若干の露出感丘を残しているが，殆どのものが孔状となり，軀部幹では，感丘とともに沈降した部分の鱗が，両側から感丘を覆うように隆起して融合し，側線孔が形成される。従って，側線系はこの時点でほぼ完成する。（Fig. 5-9）	鱗，各鰭条・節，歯牙などがほぼ完成して，タイ型の形態を示すようになるとともに，体表には，マダイの稚魚に特有な色素が発現し，Y字型横帯と4本の横帯が鮮明となる。 一方，遊泳，索餌，攻撃，逃避などの行動も，次第に成魚型へと移行する。

考　　察

感丘・頂体の構造と分布様式

ふ化直後のマダイ仔魚に形成される感丘・頂体の構造は前述（Fig. 3）したとおりであり，その形状，大きさなどの点で若干の差異はあるにしても，基本的には，これまでに示されたシマハゼ *Tridentiger trigonocephalus*（IWAI[7]），ギンアナゴ *Rhynchocymbo nystromi*（勝木[13]），スズキの類 *Perca fluviatilis*, *Gymnocephalus cernua*（DISLER and SMIRNOV[10]）などの場合と特に変らない。

本研究において，当初，仔魚膜に存在した感丘・頂体は，仔魚膜の消失とともに次第に表皮へ移行し，側線鱗が形成されると，やがてそれをも貫通して側線孔の内側へ定着することが観察された。しかしながら，感丘の末端は背側 placode 群に発する側線神経に連らなっており，一方，真皮に由来し，構造の項で述べた過程を経て，側線孔を形成するという側線鱗発生機序との関連から，初生側線鱗の表層に感丘・頂体が存在する時点で，初生側線鱗には，側線神経を通す小孔が存在しなけ

Table 2. Number of neuromasts-cupulae in eight teleosts.

Authors		Species		Number of neuromasts-cupulae
		Japanese name	Scientific name	
Dotsu	(1955)	Kumohaze	*Gobius fuscus*	3pairs +1
Hikita	(1956)	Koi	*Cyprinus carpio*	about 30 pairs
Dotsu	(1958)	Masagohaze	*Acentrogobius masago*	8pairs
Iwai	(1963)	Shimahaze	*Tridentiger trigonocephalus*	7pairs
Iwai	(1963)	Isoginpo	*Blennius yatabei*	5pairs
Iwai	(1964)	Medaka	*Oryzias latipes*	8pairs
Mori	(1971)	Kihadamaguro	*Thunnus albacora*	4pairs +1
Kishinoue	(1915)	Madai	*Chrysophrys major*	7pairs
Yamashita	(1963)	Madai	*Chrysophrys major*	9-10pairs

ればならないし，存在するとすれば，その小孔は何時，どのようにして塞がれるのか，これらの点に関しては，更に詳細な検討を加える必要があろう。

Table 2 に示すように，感丘・頂体の数は，“種”によってかなり異ることが知られているが，発現分布様式については，例えばマダイ仔魚についても，「体の前端より側線中央線に沿って，細長い漏斗状の連なり7対」（岸上[11]）あるいは「9～10対のクプラの存在」（山下[12]）などと，仔魚の軀幹部において，ほぼ完全な“対”をなすものと考えられて来た。しかしながら，筆者らの観察結果では，Table 1 及び Fig. 4 に示したように，この時期のマダイ仔魚軀幹部に形成される感丘・頂体の数は，8個から13個の範囲にわたり（この変異は，脊椎骨数，鰭条数などの計数形質（meristic character）と同様に，環境要因によって，若干の変動をすることが予察され，その詳細については検討中である），平均形成数は10.4個で，分布様式に関しては，必ずしも“対”をなさないし，過多，過少を除き，9個から12個の範囲で，8種の型に類型化することが可能であった。

側線器官の形成・発達と生態の変化

浮性卵からふ化する仔魚には，沈性卵からふ化する仔魚よりも，感丘の形成時期が早いものが多く，とくに眼の形成が遅い仔魚では，感丘の形成時期が早く（Iwai[14]），これは視覚が不充分なことに対する補償的な現象ともうけとられるという（Iwai[15]）。典型的な浮性卵魚種であるマダイの場合，ふ化直後の仔魚は，諸器官が未分化の状態で，前述のように，大きな卵黄囊と油球を持ち，これを上側にして水面に浮遊している（Fig. 5-1）。時折，瞬間的にビリビリッと尾柄を振動させるが，未だこれは特に生態的意味を持つ運動であるとは考えられない。

ふ化後，経時的に卵黄・油球の吸収が進むと，徐々に魚体の比重が増大するために，静止，浮遊のバランスがくずれて，次第に頭部を下に向け，水面近くに懸垂状態となり，ついには自重で沈降するようになる。この沈降速度はゆるく，当初は10～20cmの水深まで沈むのに3～5分かかるが，ある水深にまで沈降すると，突然，尾柄を激しく振動させて水面にまで復帰する。ゆるやかな沈降と敏捷な復帰，この反復運動は，油球の吸収度合に比例して，次第にその巾を拡大しながら，仔魚の口と肛門が開き，胸鰭が形成されて，正位姿勢での遊泳が始まるまで続くが，いうまでもなく，

この復帰運動がなされぬ限り，仔魚は沈降をし続けて，ついには海底へ至り，へい死するはずである。従って，ある一定の水深にまで沈降すると，そのことを感知して復帰運動を起す反復運動こそが，マダイの仔魚にとって最初の生態的行動ということが出来よう。

一方，Fig. 1 及び Fig. 5-1～6 に示したように，この時期の仔魚に見られる体表の感丘と頂体は，その発現部位，形態，大きさなどからみて，成魚のそれとは比較にならない程に顕著であり，特徴的であって，このことは，視覚その他の感覚器官が，未だ充分に発達していないこの発育段階における，沈降と復帰の反復運動にとっても，何らかの形で関与している事が考えられた。

しかしながら，従来，側線器の機能については，短距離からであれば，時として不動物体，例えば水槽壁などの認知が可能であるとしても，通常は，水中で動く餌，敵，仲間などの存在を離れた所から，水の動揺によって感知する（DIJKGRAAF[16)]）という遠方触覚的な認識の仕方が一般的であり，音波，音圧その他の受容器としては，Fundulus（PARKER），Gobiusniger（DIJKGRAAF），（羽生[17)]）などのように否定的な報告が多い。従ってもし，この反復運動を，これまでにいわれているように，側線器形成との関係において把えようとするならば，沈降した仔魚が，復帰運動を開始するその水深で，(1)そこに plankton あるいは他の懸濁物，仔魚などが存在（接近）し，それを感知した。(2)その層に表層とは異る何等かの水流があった。(3)そこまで沈降した段階で，水槽壁を感知した，などとしなければならないが，飼育してみると実際には，飼育水が濾過海水のみである場合も，その飼育水にクロレラあるいはワムシが混入されている場合も，ともにこの行動が観察され，顕著な差が見られないので(1)ではないと考えられる。また，1トン水槽の中にネットを張ってふ化仔魚を収容した場合，止水，流水何れの区においても，沈降と復帰の行動を繰り返す点に変りはないし，ともに止水とした場合，50ℓ容ビーカーも1トン容水槽も，その沈降深度（復帰行動開始水深）には，特に差異が見られないことから，(2)でも(3)でもない。つまり，物体の存在や流れの有無とは関わりないと考えざるを得ない。とすれば，水面下わずかに10～20㎝とはいえ，この微細で脆弱な仔魚にとって，8～15㎜Hg という水圧変化（1～2％相当の加圧）との関連性が無視出来ないと考えられる。

卵からふ出したマダイ仔魚は，まずこのような形で環境との関係を持つが，一般に生物が，その発育過程において，外部形態の変化と内部器官の発達とを一致させ，それが生活範囲の拡大と多様化を保障していることについては，古くから知られている。マダイ仔魚の場合，成長に伴う側線系器官の形成発達と行動生態変化の側面からみると，Table 3 に示すように，3回の大きな転機を経て完成する。その第1段階は、placode からの感丘分化や頂体の形成は認められるものの，他の諸器官は未分化で卵黄嚢を抱えており，行動としては単純な沈降と復帰運動のみ行なう仔魚前期。第2段階は，各部位の感丘・頂体が次第に増え，尾鰭原基の形成が始まるふ化後12～13日から，頭部の感丘群が一層複雑となり，側線上の感丘が著しく増えて，一部では鱗と感丘の接触が始まるふ化後30日頃まで，と巾広いが，その中心は20日前後の後期仔魚期。（この時期は，側線形成の側面ばかりでなく，他の形態・生態ともに生活史の中で最も変化の激しい時期である）。第3段階は，頭部には未だ若干の露出感丘を残し，体側の側線鱗はほぼ完成して，各鰭の棘条及び軟条が，“種”の特徴となる固有の数に達し，マダイに特有の色素や横帯が鮮明となって，行動も次第に成魚型へ

Table 3. Development of lateral line organs, formation of other organs and changes in the mode of life in the early life history of *Chrysophrys major*.

Days after hatching	Stage	Lateral line organs	Other organs and mode of life
0-2	Prelarva	Differentiation of neuromasts from placode and formation of cupulae	Existence of yolk and oil globule. Repeated vertical movement "sinking and floating"
20-22	Postlarva	Remarkable increase of neuromasts and cupulae, indicating the position of lateral line	Remarkable changes in morphological and ecological aspects (metamorphosis)
50-60	Juvenile	Formation of lateral line canal and completion of lateral line organs	Attainment of numbers of spines and soft rays to characteristic to the species and gradually behave as the adult fish

と移行する時期である。

このようにマダイの場合，ふ化後約２ケ月で側線器官がほぼ完成し，それに伴って遊泳，索餌，攻撃，逃避などの行動も次第に成魚型へ移行するが，この過程において，ふ化後３～４日目には，開口，正位姿勢での遊泳に先立って，上眼窩部位へ１対の感丘・頂体が発現し（Fig. 5-3），ふ化後12～13日，尾鰭形成以前に，その位置に新たな感丘が形成され（Fig. 5-4），ふ化後25～30日には側線鱗の形成に先行して，躯幹部の感丘が必要数（将来の側線鱗数分）準備されている（Fig. 5-7)。つまり，眼，鰭，鱗，歯牙など，新たな器官形成に先行して，常にそこには新たな感丘が形成されていて，次に起る現象，例えば鰭の発生，鱗の形成などを示唆している点は興味深い。

摘　　　要

マダイの稚仔魚期における，側線器官の形成・発達と生態変化との関係を明らかにするために，人工授精を起点とするマダイ稚仔魚を飼育観察し，次の結果を得た。

1　ふ化後間もないマダイ仔魚の体側に形成される側線器は，感丘の巾 30～50μm，高さ20～30 μm。頂体の巾15～20μm，長さ90～100μm で、その基本形態は，これまでに報告されたシマハゼ，ギンアナゴ，スズキの類などの場合と特に変らない。

2　マダイ仔魚の躯幹部に形成される感丘・頂体の数は，８個から13個の範囲にわたり，平均形成数は，10.4個である。また，その分布様式は，左右必ずしも“対”をなさず，８種の型に類型することが可能であり，計数形質と似た側面が伺われる。

3　ふ化後１日目から，正位姿勢での遊泳を始めるまでの前期仔魚期に見られる沈降↔復帰の反復運動（仔魚の生残に重要な働きをしていると思われる）にとって，この時期に形成されている側線器の関与が無視出来ないものと考えられた。

4　成長に伴う，側線器官の形成・発達と，行動（生態）変化との側面からみると，仔魚期から稚魚期への移行は，次に示す３回の転機を経て完成するに至る。①placode からの感丘分化と頂体

の形成期，行動は単純反復的（沈降↔復帰）。②感丘・頂体の急激な増加期，形態・生態ともに生活史の中で最も変化が著しい（変態期）。③感丘・頂体の管器への分化，移行，側線器官の完成期，形態・生態ともに“種”の特徴を示す。

5　マダイの場合，側線器官は，ふ化後約２ケ月で完成するが，この間，眼，鰭，鱗，歯牙など，新たな器官の形成に先行して，そこには常に新たな感丘が形成されている。

文　　　献

1）Hofer, B., 1908: Studien über die Hautsinnesorgan der Fischen. Ber. Kgl. Bayer. Biol. Versuchsstation Munchen, 1, 115—164.

2）佐藤光雄，1955：コイの側線系感覚器の発生．魚類学雑誌，**4**，105—112.

3）道津喜衛，1955：クモハゼの生活史．九大農学部学芸雑誌，**15**(１)，77—86.

4）道津喜衛，1958：マサゴハゼの生活史．九大農学部学芸雑誌，**16**(３)，359—370.

5）疋田豊治，1956：北海道における鯉の解剖と発生について．北海道水産孵化場報告，(11)，65—95.

6）Iwai, T., 1963: Sensoty cupulae found in newly hatched larvae of *Blennius yatabei* Jordan et Snyder. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., **29**(6), 503—506.

7）Iwai, T., 1963: Development of lateral line cupulae in the gobioid fish, *Tridentiger trigonocephalus* (Gill). Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ., (4), 1—20.

8）Iwai, T., 1964: Development of cupulae in free neuromasts of the Japanese medaka, *Oryzias latipes* (Temminck et Schlegel). Bull. Misaki Mar. Biol. Inst. Kyoto Univ., (5), 31—37.

9）森慶一郎，上柳昭治，西川康夫，1971：キハダの人工ふ化・飼育における仔魚の形態変化．遠洋水研研報，(５)，219—232.

10) Disler, N. N. and S. A. Smirnov, 1977: Sensory organs of the lateral line canal system in two pericids and their importance in behavior. J. Fish. Res. Board Can., 34, 1492—1503.

11) 岸上鎌吉，1915：タイ類の発生及成長．水産学会報，１(３)，185—199.

12) 山下金義，1963：マダイ養殖の基礎的研究Ｉ．稚仔の行動について．水産増殖，**11**(４)，189—210.

13) 勝木保次，1951：魚類の側線系からみた聴覚機構．科学，**21**，306—309.

14) Iwai, T., 1968: Structure and development of lateral line cupulae in teleost larvae. In “Lateral line detectors” (ed. P. H. Cahn), 27—44. Indiana Univ. Press.

15) 岩井保，1972：仔魚の摂食について．うみ，**10**(２)，71—82.

16) Dijkgaaf, S., 1934: Untersuchungen über die Funktion der Seiten-Organ an Fischen. Z. Vergl. Physioll., 20, 162—214.

17) 羽生功，1977：側線器官．魚類生理（川本信之編），519—534．恒星社厚生閣.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

Cohortの漁獲統計が得られる場合の初期資源量の推定方法
——江田島湾のガザミを例として*

石岡清英・猪子嘉生**

Estimation of Initial Stock Number based on Catch and Effort Statistics of a Cohort, with an Example of Blue Crab in the Etajima Bay, Hiroshima Prefecture

Kiyohide ISHIOKA and Yoshio INOKO**

Three methods were examined to estimate the initial stock number of a cohort for which the catch and effort statistics were made available for separated periods in a fishing season or a year.

The blue crab fishery represents such an example to develop this study, because artificially released crabs comprize almost all the available stock for the gill net fishery. The fishery co-operatives have compiled number of crabs caught and number of boats operated on each day during the autumn.

If natural mortality coefficient is known, it is possible to extend the DELURY's method for stocks with the appreciably high natural mortality rate (First Method of the present paper). The blue crab data fit fairly well to the equation 8 of the first method.

For the constant natural mortality coefficient and the constant catchability coefficient, the mean mortality coefficient, $Z_{(t)}/(t-1)$, or $\log(P_1/P_t)/(t-1)$, is given by a linear regression equation on mean fishing effort, $E_{(t)}/(t-1)$, for the t-th period of a fishing season or a year, as in the equation 15 (Second Method). However, this equation does not explain the data from the blue crab fishery.

The cohort analysis is solved with the survival rate from the initial period to the final period of the fishing season (Third Method). This method is very usefull for application to the blue crab fishery data. The model of this cohort analysis is displayed in Figure 13. The initial stock number, N_o, is given from the fellowing formula, when the final stock number, N_e, and the total mortality coefficient in the whole period, M_T, are known.

$$N_o = N_e \exp(M_T) + Hm$$

1981年12月22日受理，南西海区水産研究所業績第116号，〒739-04，広島県大野町

＊内容の一部は，1981年９月17～18日に東京大学海洋研究所で行なわれた「資源評価の手法に関するシンポジウム」で報告した。

＊＊広島県水産試験場（Hiroshima Prefectural Fisheries Experimental Station）

Hm is nearly equal to the HONMA's minimum stock number (HONMA 1978), and determined with forward calculation of the cohort analysis without significant variation regardless value of preliminary figure of the initial stock number.

種苗放流の効果判定や，漁業管理を策定するための基礎資料として，初期資源量の推定は，瀬戸内海においても重要な課題である。資源量を推定するに当って，もっとも基本的な資料は，一定期間毎にまとめられた漁獲量と努力量の統計である。ただし，この資料は，一般に種々の誤差や，かたよりを含んでおり，とくに資源量を求める際に必要とされる自然死亡係数Mを推定するには適していないことが多い。個々の資料については，Mを他の情報で求められた値を用いる等，その特性に合った推定方法を考える必要がある。ここでは単独の系群から成っていることが明らかで，しかも漁期を通じて一定期間別に漁獲量，努力量統計が得られている資料に対する初期資源量推定方法を検討した。

本研究の推進に当っては，南西海区水産研究所企画連絡室長林繁一博士には原稿を校閲していただいた。国連食糧農業機構（FAO）千国史郎博士には，貴重な助言と，有益な文献をいただいた。これらの方々に感謝いたします。

材料および方法

この研究の資料は，種苗放流によって育成された広島県江田島湾のガザミの資源量を推定した，猪子他（1979）と同一である。江田島湾は，北側に狭い開口部を持つ約12km²の小湾で，1975年当時，天然のガザミはほとんど生息していなかった。1975年６月20日から７月18日にわたって同湾奥に，平均甲巾約４㎜の１齢期ガザミ20.2万尾を放流した。10月１日に湾内に指定配置された漁船による試験操業が行なわれた後，自由操業となり，約２週間の盛漁期が続いた。その後は断続的な少量の漁獲しか見られなかった。操業は約1.5トンのほぼ同一船型の刺網漁船（乗船員１名ないし２名）により行なわれ，全船のガザミ漁獲尾数が個人別に記帳された。盛漁期には，日別単位努力当り漁獲量 CPUE は，ほぼ単調に減少しており，同一ストックが引き続いて間引かれたことを示している（Fig. 1）。ここで，漁獲死亡係数Fと自然死亡係数Mは漁期内で一定であり，全減耗係数$Z=F+M$と仮定する。Mの値が他の情報から得られ，Zが CPUE の減少過程から推定できれば，初期資源量N_oを求めることができる。計算は BARANOV（1918）の漁獲量Cを示す(1)式から導いた(2)式を解くことである。

$$C = N_o \frac{F}{Z}\{1-\exp(-Z)\} \qquad (1)$$

$$N_o = C\frac{Z}{F\{1-\exp(-Z)\}} \qquad (2)$$

しかし，その期間内で，FまたはMが変化する場合には，N_oの正確な値は簡単には計算できず，

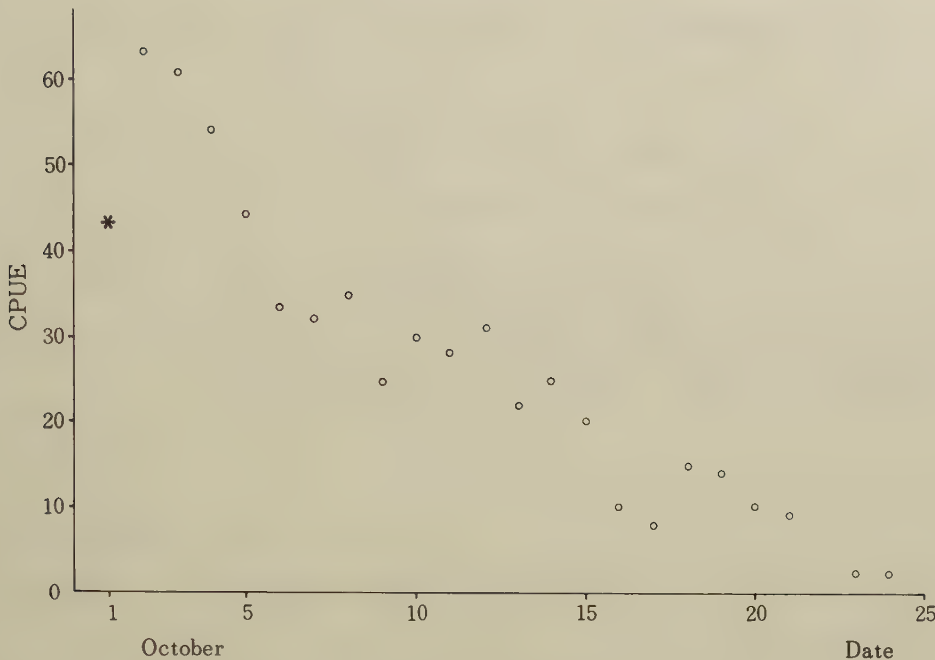


Fig. 1 Daily catch-per-unit-effort in the blue crub fishery in the Etajima Bay, 1-24 October 1975. CPUE is given in average number of crabs per operated-boats. Asterisk on 1 October denotes catch by the boats for trial operation.

$M=0$ とおいた DeLury (1947) の方法や，cohort analysis 等が考案されている。本報告では N_o を求めるのに，次の3つの方法を用いた。第1は，元来 $M=0$ とおいて CPUE と累積努力量を用いて求める DeLury の方法を $M \neq 0$ の条件の下で拡張した方法。第2は，同じ資料を用いてMとFを分離するために考案した方法。第3は，漁獲の主要な対象となる第一期間と最終期間の間の生残率を用いた cohort analysis の方法である。これらの方法による推定式を確立し，かつ推定した係数を導びく過程は結果の項で述べる。

数値計算には，Hewlett-Packard 9830A および 9845B の卓上型計算機を用い，BASIC 言語でプログラムを組み立てた。

結　　果

方法—1. 自然死亡がある時の DeLury 法の拡張

DeLury (1947) の方法は，つぎの(3)式に(4)式を代入して両辺の対数をとることによって求められる(5)式を用いる方法である (Ricker 1975a)。

$$C_t/f_t = q\ N_o\ (N_t/N_o) \qquad (3)$$

$$N_t/N_o = \exp(-q\ E_{(t)}) \qquad (4)$$

$$\log(C_t/f_t) = \log(q\ N_o) - q\ E_{(t)} \qquad (5)$$

ここで，C_t　：t 期の漁獲量

f_t　：t 期の努力量

q　：漁獲能率（一定）

N_t　：t 期中央の資源量

$E_{(t)}$：初期から t 期中央までの累積努力量, $(\sum_{i=1}^{t-1} f_i) + f_t/2$（BRAATEN 1969）

(4)式は，生残率の式であり，初期から t 期までの全減耗係数 $Z_{(t)}$ が，$q\ E_{(t)}$ であることを示している。ここで期間 t における自然死亡係数 M_t がすべてわかっていれば，初期から t 期中央までの累積自然死亡係数 $M_{(t)}$ を用いて(6)式のように書きなおすことができる。

$$N_t/N_o=\exp\{-(qE_{(t)}+M_{(t)})\} \quad (6)$$

ここで　$M_{(t)} = \sum_{i=1}^{t-1} M_i + M_t/2$　である

(3)，(6)式より(7)式が成立する。

$$\log(C_t/f_t)=\log(qN_o)-(qE_{(t)}+M_{(t)}) \quad (7)$$

$M_{(t)}$ は独立に与えられるので，これを整理して(8)式を得る。

$$\log(C_t/f_t)+M_{(t)}=\log(qN_o)-qE_{(t)} \quad (8)$$

(8)式で $\{\log(C_t/f_t) + M_{(t)}\}$ をｙ, $E_{(t)}$ をｘとおき，ｘに対するｙの回帰直線にあてはめ, q, N_o を求めることができる。

近年におけるガザミの自然死亡係数は判っていない。そこで漁業が未発達な時代に大島（1939）が越冬場で求めた０歳ガニと，１，２歳ガニとの比を用いて，年間生残率を計算し自然死亡係数を推定した。同氏によれば，越冬場においては年齢による住み分けはなく，桁付打瀬網でとられており，また寿命は３歳であるという。さらに越冬場では０歳ガニが80—90％を占めるが，まったく漁獲がなければ，この割合は多少低くなるはずである。ガザミ資源が自然死亡だけで減少したとして，０歳ガニが資源の75％を占めると仮定し，年間の生残率を S とおくと，次式が成立する。

$$(S+S^2)/(1+S+S^2)=0.25$$

これを解くと，$S \fallingdotseq 0.264$ となる。したがって年間の自然死亡係数 M_y は，

$$M_y \doteq -\log S = 1.333$$

となる。ここで，越冬期にあたる１～３月には，自然死亡は起らないとすると，１日当りの自然死亡係数Mは，

$$M = 1.333 / \{30 \times (12-3)\} = 0.005$$

と見積ることができる。

Fig. 1 から判断して，単調に資源量の減少が続いたと考えられる10月２日から15日までの14日間の資料を用いて，$M=0.005$ の場合における初期資源量 N_0 と漁獲能率 q を計算した。その過程と結果を Table 1 および Fig. 2 に示す。なお，相関係数 −0.945，寄与率89％で，回帰直線への適合は良好と考えられる。N_0，q が求まれば，次に示す式によって，各期間毎の資源量が計算できる（Table 2)。

期間別漁獲死亡係数　：$F_t = q\ f_t$

〃　漁獲量　：$\hat{C}_t = N_t \dfrac{F_t}{F_t + M}[1-\exp\{-(F_t+M)\}]$　(9)

〃　自然死亡量　：$\hat{D}_t = N_t \dfrac{M}{F_t + M}[1-\exp\{-(F_t+M)\}]$　(10)

Table 1. Procedure of calculations with equation 8 for the First Method

Date	Catch in number C_t	Amount of effort f_t	CPUE C_t/f_t	$\log(C_t/f_t)$	*Cumulated natural mortality $M_{(t)}$	*Cumulated amount of effort $E_{(t)}$	$\log(C_t/f_t)$ $+M_{(t)}$
October 2	946	15	63	4.14	0.0025	8	4.15
3	1036	17	61	4.11	0.0075	24	4.12
4	811	15	54	3.99	0.0125	40	4.00
5	619	14	44	3.79	0.0175	54	3.81
6	336	10	34	3.51	0.0225	66	3.54
7	256	8	32	3.47	0.0275	75	3.49
8	244	7	35	3.55	0.0325	83	3.58
9	221	9	25	3.20	0.0375	91	3.24
10	151	5	30	3.41	0.0425	98	3.45
11	169	6	28	3.34	0.0475	103	3.39
12	219	7	31	3.44	0.0525	110	3.50
13	131	6	22	3.08	0.0575	116	3.14
14	124	5	25	3.21	0.0625	122	3.27
15	20	1	20	3.00	0.0675	125	3.06

Resultant equation 8	$\log(C_t/f_t)+M_{(t)}=4.26-0.00888E_{(t)}$
Correlation coefficient (r)	−0.945
Degree of freedom ($d.f.$)	12
Initial stock number (N_0)	7950 crabs
Catchability coefficient (q)	0.00888 per boat

Natural mortality coefficient, M, is assumed 0.005 per day.

* The value of last period is a half of either the natural mortality coefficient per day, M, or amount of fishing effort, f_t, in that period.

Table 2. Ratio of real catch to estimated catch of blue crab, R_t, 2–15 October 1975.

Date	Catch in number	Amount of effort	Fishing mortality coefficient	Estimated			Ratio of real catch to estimated catch
				Initial stock number of each day	Catch in number	Natural death in number	
	C_t	f_t	F_t	N_t	$\hat{C}_t$	$\hat{D}_t$	$R_t = C_t/\hat{C}_t$
October 2	946	15	0.133	7950	989	37	0.96
3	1036	17	0.151	6924	968	32	1.07
4	811	15	0.133	5924	737	28	1.10
5	619	14	0.124	5160	602	24	1.03
6	336	10	0.089	4534	384	22	0.87
7	256	8	0.071	4128	282	20	0.91
8	244	7	0.062	3826	230	19	1.06
9	221	9	0.080	3578	274	17	0.81
10	151	5	0.044	3286	142	16	1.06
11	169	6	0.053	3128	162	15	1.04
12	219	7	0.062	2951	177	14	1.23
13	131	6	0.053	2759	143	13	0.92
14	124	5	0.044	2603	113	13	1.10
15	20	1	0.009	2478	22	12	0.92
Total	5283	125	1.110		5244	282	
Final				2444			
Mean							1.01

The values are based on the estimates of initial stock number, 7950 crabs and catchability coefficient, 0.00888 in Table 1 and given natural mortality coefficient, 0.005 per day. The values were computed by equations 9—12.

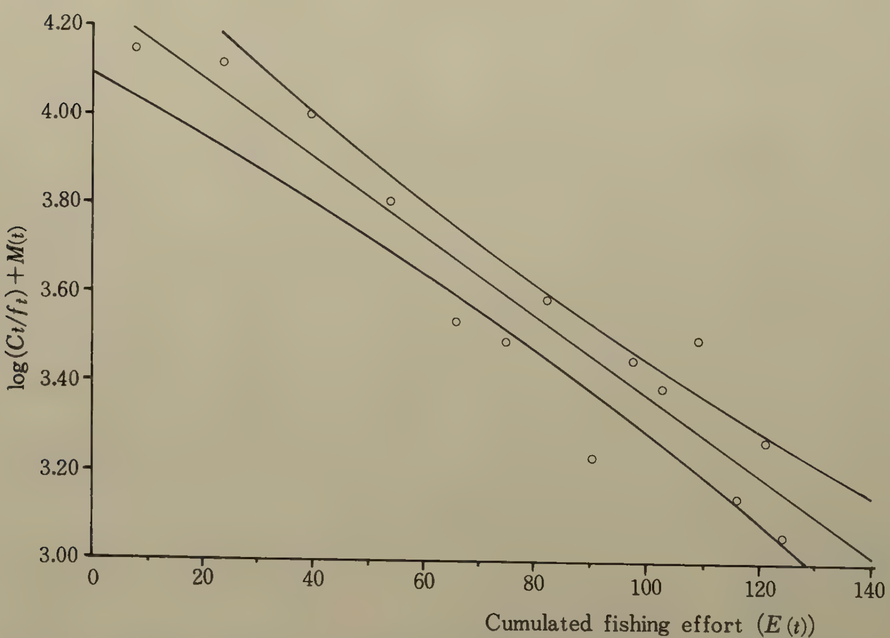


Fig. 2 Regression line and its confidence interval at 95 percent of log $(C_t/f_t)+M_{(t)}$ on cumulated fishing effort, $E_{(t)}$, for blue crab fishery, 2-15 October 1975. Natural mortality coefficient, M, is assumed 0.005 per day. See equation 8 and Table 1.

次の期間の期首資源量：$N_{t+1}=N_t\ \exp\{-(F_t+M)\}$ (11)

漁獲量の計算値に対する現実値の割合：$R_t=C_t\ /\ \hat{C}_t$ (12)

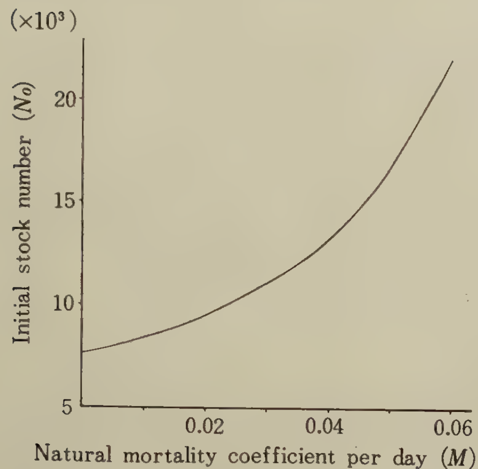


Fig. 3 Relationship between given natural mortality coefficient per day, M, and initial stock number, N_o, for blue crab fishery, 2-15 October 1975. See text and equation 8.

0から0.08の間の17個のMについてTable 1, Table 2 と同様の計算を行なった。ここで，$M=0$ は DeLury 法の計算であり，$M=0.08$では $M_T \fallingdotseq Z_T$ すなわち $F_T \fallingdotseq 0$ となる。M_T, Z_T, F_T は，それぞれ全期間（14日間）にわたって合計した自然死亡，全減耗，漁獲死亡の係数である。Fig. 3 にMと N_o との関係を示す。Mを大きくするにつれて，N_o の推定値も大きくなる。Mが0.05をこえると N_o は急激に増大し，$Z_T=1.178$～1.191に相当する$M=0.08$/日に近づくと，N_o は無限大となる。Fig. 4 に示すとうり，漁獲能率 q はMの増大につれて，直線的に減少する。$Z_T=M_T+q\ f_T$で，Z_T, f_T が一定なので，この直線は $q=(Z_T-M_T)\ /\ f_T$ である。f_T は全期間の努力量の合計である。累積努力量と $\log(C_t/f_t)+M_{(t)}$ との相関係数 r の絶対値は，Mの増大につれて急激に低下し，Mが0.065以上では，5％の有意水準で，相関があるとは云えなくなる（Fig. 5）。M_T が，Z_Tの値に近

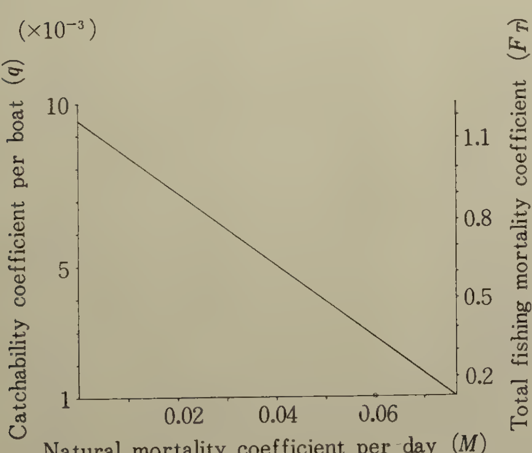


Fig. 4 Relationship between natural mortality coefficient per day, M, and catchability coefficient, q, with corresponding fishing mortality coefficient, F_T, for blue crab fishery, 2-15 October 1975. See text and equation 8.

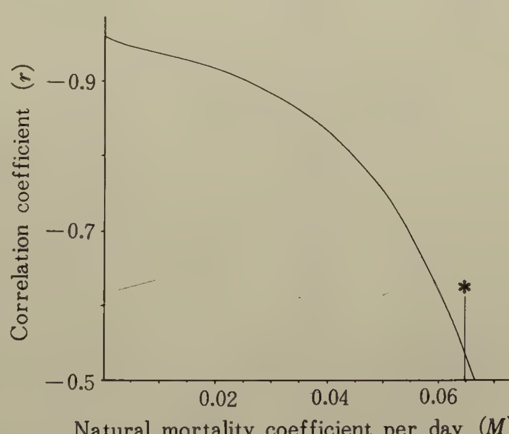


Fig. 5 Relationship of correlation coefficient, r, between cumulated amount of fishing effort, $E_{(t)}$, and $\log(C_t/f_t)+M_{(t)}$, on natural mortality coefficient per day, M, for blue crab fishery, 2-15 October 1975. See text and equation 8.
* The correlation coefficient -0.532 or less is statistically significant at the probability of 5 percent. The estimation is not applicable for stock with higher natural mortality coefficient than 0.069 corresponding M.

くなってくるためである。データのバラツキかたによっては，極値を持つ可能性がある。$M=0.005$，つまり，$M_T=0.07$ であれば，Table 1，Table 2 に示すように $q=0.0089$，$N_o=7950$，全期間漁獲死亡係数 $F_T=1.110$，$Z_T=1.180$，$S_T=0.307$ と計算される。

方法—2.　CPUE と累積努力量による自然死亡係数と漁獲能率の推定

CPUE が資源量水準を正確に反映しているとすれば，MとFの分離は可能であり，そのための一つの方法は，土井他（1972）の方法である。ここでは CPUE はかなりの誤差を含んでいると予想されたので，累積データを用いる方法を考えた。第 t 期間における CPUE を P_t とすると，第1期間から第 t 期間までの累積全減耗係数 $Z_{(t)}$ は⒀式となる。(PALOHEIMO 1961)。

$$Z_{(t)}=-\log(P_t\ /\ P_1) \qquad (13)$$

この間の累積努力量を $E_{(t)}$ とする。ただし，ここでは P_t は t 期の中央での資源量水準を示し，$E_{(t)}$ は，第1期間の努力量 $f_1/2$ を含まず，第 t 期間の $f_t/2$ を含む値とする。ここで，全期間にわたり，自然死亡係数Mと漁獲能率 q が一定と仮定すると $Z_{(t)}$ は，⒁式によっても表現できる (BEVERTON 1954)。

Table 3. Procedure of calculations with equation 15 for the Second Method.

Date	Catch in number C_t	Amount of fishing effort f_t	CPUE $P_t=C_t/f_t$	Cumulated mortality coefficient log (P_1/P_t)	Mortality coefficient per period log $(P_1/P_t)/(t-1)$	Cumulated amount of effort $E_{(t)}$	Effort per period $E_{(t)}/(t-1)$
October 2	946	15	63				
3	1036	17	61	0.034	0.034	16	16
4	811	15	54	0.154	0.077	32	16
5	619	14	44	0.355	0.118	47	16
6	336	10	34	0.630	0.157	59	15
7	256	8	32	0.679	0.136	68	14
8	244	7	35	0.593	0.099	75	13
9	221	9	25	0.943	0.135	83	12
10	151	5	30	0.736	0.092	90	11
11	169	6	28	0.806	0.090	96	11
12	219	7	31	0.701	0.070	102	10
13	131	6	22	1.061	0.096	108	10
14	124	5	25	0.933	0.078	114	10
15	20	1	20	1.149	0.088	117	9
Total	5283	118		1.149		118	
Mean			45		0.088		9
Case I *	Resultant equation 15 Date of 3—15	$\log(P_1/P_t)/(t-1)=0.0834+0.00116E_{(t)}/(t-1)$ $r=0.091$, $d.f.=11$, $M=0.0834$, $q=0.001116$, $N_o=56400$					
Case II*	Resultant equation 15 Date of 5–11 and 13–15	$\log(P_1/P_t)/(t-1)=0.00123+0.00911\ E_{(t)}/(t-1)$ $r=0.768$, $d.f.=8$, $M=0.00123$, $q=0.00911$, $N_o=7810$					

* Cases I and II are calculated with all data and with the data of 5–11 and 13–15 October, respectively.

$$Z_{(t)} = (t-1)\ M + q\ E_{(t)} \tag{14}$$

(14)式に，(13)式を代入して変形，整理すると，

$$\log(P_1/P_t)/(t-1) = M + q\{E_{(t)}/(t-1)\} \tag{15}$$

となる。

(15)式の $\{\log(P_1/P_t)/(t-1)\}$ をy，$\{E_{(t)}/(t-1)\}$ をxとおき，xに対するyの回帰直線にあてはめると，q、M が求まる。方法一1と同じ資料に適用し，その結果を Table 3 に示す。全データを用いて計算すると，$M=0.083$，$q=0.00116$となる。ただし，xとyとの相関係数は0.09で有意ではない（Fig. 6）。前述のように，大島（1938）の資料から想定されるMは，0.005である。それに近い値をとるように，10月3，4，12日の点を除去して計算すると，$M=0.0012$，$q=0.0091$，相関係数 $r=0.768$ で，1％の有意水準で相関関係が認められる。しかし，回帰直線の95％信頼区間は広いので推定精度は低い（Fig. 7）。日別に F_t $(=q\ f_t)$，Mが求められたので，全期間（ここでは $n=14$日間）の利用率 E_T が計算できる。

$$E_T = \sum_{t=1}^{n}\left\{\frac{F_t}{Z_t}(1-S_t)\prod_{i=0}^{t-1}S_i\right\} \tag{16}$$

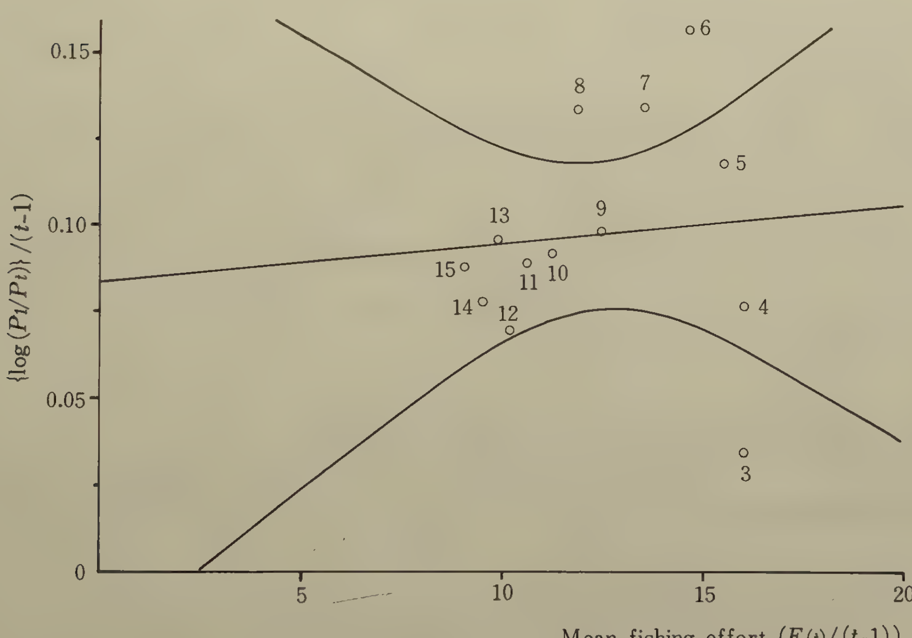


Fig. 6 Regression line and its confidence interval at 95 percent of a measure of mean overall mortality coefficient, $\{\log(P_1/P_t)\}/(t-1)$, on a measure of mean fishing effort, $E_{(t)}/(t-1)$, for blue crab fishery, 3-15 October 1975. (Case I)
See text, equation 15 and Table 3. Marks denote date of fishing.

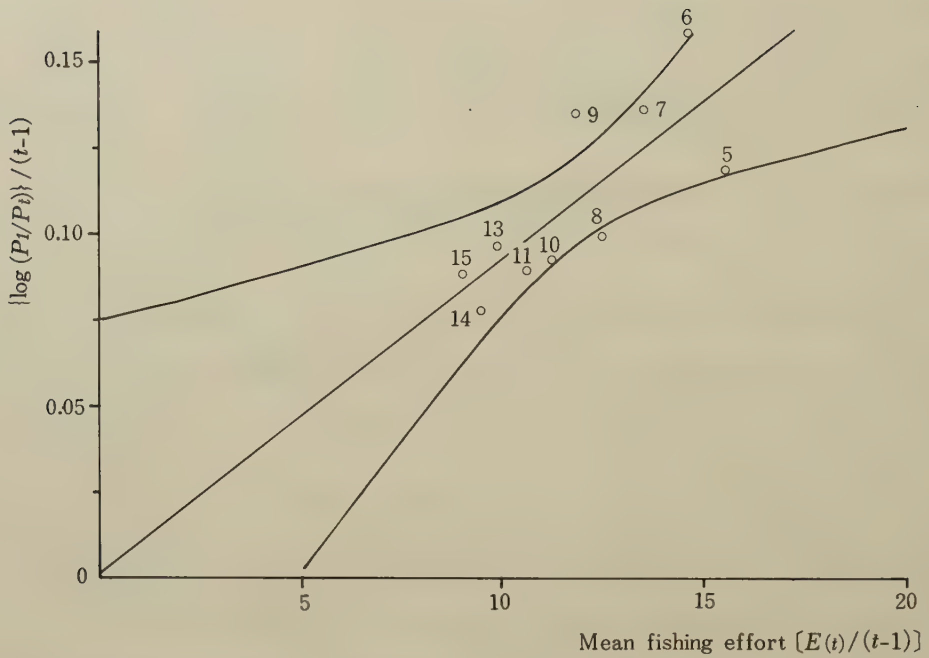


Fig. 7 Regression line and its confidence interval at 95 percent of a measure of mean overall mortality coefficient, $\{\log (P_1/P_t)\}/(t-1)$, on a measure of mean fishing effort, $E_{(t)}/(t-1)$, for blue crab fishery, 5-11 and 13-15 October 1975. (Case II) See text, equation 15, and Teble 3. Marks denote date of fishing.

ここで，$S_t=\exp\{-(F_t+M)\}$，$S_o=1$ である。

N_O は単純に全漁獲量 C_T を E_T で除して求められる。３，４，12日の点を除いて求めると，N_o＝7,800 となる。なお14日間すべての点を用いて計算すると，その７倍に当る56,000となる。

この方法では，第１日目の資源量水準 P_1 によって，毎日の累積死亡係数を求めるため，P_1 の精度は高くなくてはならない。回帰直線を求めるための図を描いた時，不適当な点は除外しないと，Mや q が負になったり，常識とかけはなれた値となることが多い。今回の資料は，この方法をあてはめるには適当でなく，Mや q の信頼性は低い。

方法―3. 全期間の生残率を用いる cohort analysis による推定

１期間内において，自然死亡係数 M_t と漁獲死亡係数 F_t が一定である場合の t 期における BARANOV の漁獲尾数の式は⒄式である。

$$C_t=N_t\frac{F_t}{F_t+M_t}[1-\exp\{-(F_t+M_t)\}] \tag{17}$$

また定義により，

$$N_{t+1}=N_t\ \exp\{-(F_t+M_t)\} \tag{18}$$

である。ここで，N_t は t 期の初めの資源量である。N_t，C_t，M_t を与えて F_t を求めるために，まず，(17)式を F に関する単調減少関数である(19)式に変形した。

$$f(F)=C_t-N_t\frac{F}{F+M_t}[1-\exp\{-(F+M_t)\}] \qquad (19)$$

適当な F を(19)式に代入して計算し，$f(F)=0$ を与える F が，求める F_t の推定値である。また，POPE（1972）は，漁獲が各期の中央で瞬間的に起ると考えて，F_t および N_{t+1} の近似値を与える(20)，(21)式を示した。

$$N_{t+1}'=\{N_t\ \exp(-M_t/2)-C_t\}\exp(-M_t/2)$$

したがって，

$$N_{t+1}'=N_t\ \exp(-M_t)-C_t\ \exp(-M_t/2) \qquad (20)$$

$$F_t'=\log(N_t/N_{t+1}')-M_t \qquad (21)$$

(20)，(21)式を用いれば，F_t の近似値が容易に求められる。ここでは(20)，(21)式から求めた F_t' を第1

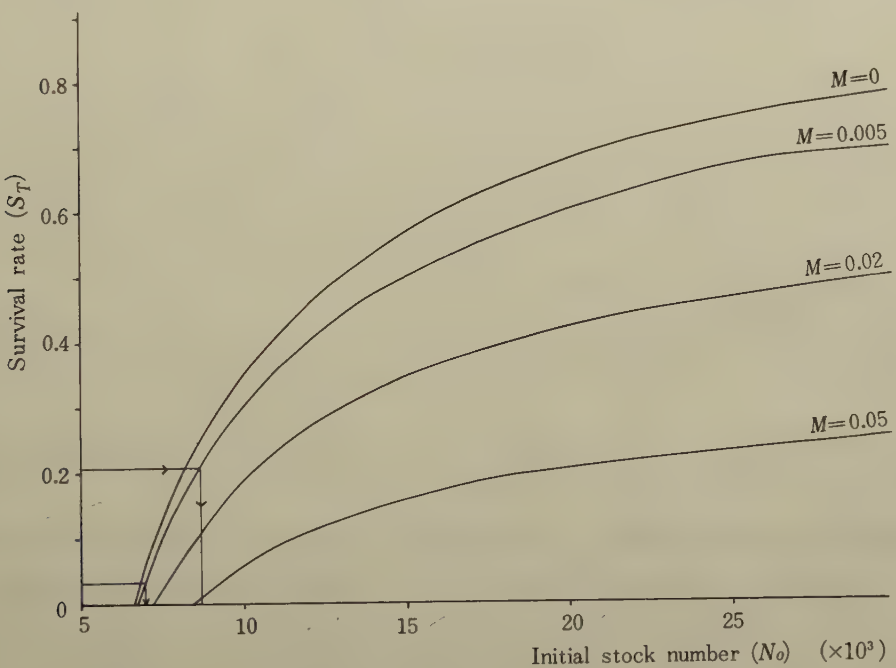


Fig. 8 Relationships between initial stock number, N_0, and survival rate, S_T, for five values of natural mortality coefficient per day, M, of blue crab, 1-21 October 1975.
Arrows denote estimates of initial stock number for survival rate of 0.032 and 0.209 and natural mortality coefficient of 0.005 per day. See text and Table 4.

Table 4. Procedure of calculations with forward cohort analysis of the Third Method for blue crab fishery, 1—21 October 1975, with initial stock number, N_o, 8000 and natural mortality coefficient, M, 0.02 per day.

Date	Catch in number C_t	Amount of effort f_t	Estimated: Fishing mortality coefficient per day F_t	Initial stock number of each day N_t	Natural death in number D_t	Catchability coefficient $q_t(\times 10^{-3})$
1	1120	26	0.152	8000	147	5.9
2	946	15	0.153	6733	124	10.2
3	1036	17	0.204	5663	101	12.0
4	811	15	0.200	4526	81	13.3
5	619	14	0.189	3634	66	13.5
6	336	10	0.122	2949	55	12.2
7	256	8	0.107	2558	48	13.3
8	244	7	0.116	2254	42	16.5
9	221	9	0.120	1968	37	13.4
10	151	5	0.093	1710	32	18.7
11	169	6	0.119	1527	29	19.8
12	219	7	0.182	1329	24	26.0
13	131	6	0.130	1086	20	21.7
14	124	5	0.144	935	17	28.8
15	20	1	0.026	794	16	25.8
16	10	1	0.013	758	15	13.4
17	16	2	0.022	733	14	11.1
18	30	2	0.044	703	14	22.0
19	28	2	0.044	659	13	21.9
20	10	1	0.017	619	12	16.5
21	18	2	0.031	596	12	15.5
Total	6515	161	2.227		6515	13.8
Final				567		

Total mortality coefficient, $Z_T=2.647$
Final stock number, $N_e=567$
Survival rate, $S_T=N_e/N_o=0.0709$
Estimated HONMA's minimum stock, $Hm=7137$

近似値として，⒆式に代入し，f(F_t') を計算し，その後計算機による２分法を繰返し，0.0001の精度で F_t を求めた。なお，常に $F_t' > F_t$ である。

初期資源量 N_o，自然死亡係数M（ここでは全期間一定とする）と第１期間の漁獲量 C_1 を与えて，F_1，N_2 を計算し，次に N_2 の推定値と C_2 を用いて，F_2，N_3 を計算する。これを全期間についてくりかえして，F_t，N_t を全て求める。これを，10月１日から21日までのガザミ資料に適用した。Table 4 では，$M=0.02$，$N_o=8{,}000$ とおいた場合の計算過程を示す。同様に $N_o=5{,}000$～500,000の間の24個，$M=$ 0～0.07の間の15個の組合せについて計算した。

Table 4 で，全期間にわたって合計した漁獲係数を $F_T=\Sigma F_t$，自然死亡係数を $M_T=21M$，全減耗係数を $Z_T=F_T+M_T$，生残率 $S_T=\exp(-Z_T)=N_e/N_o$ とする。N_e は最終期の残存尾数である。$M=$ 0，0.005，0.02，0.05 の場合の N_o と S_T の関係を Fig. 8 に示す。現実のデータの生

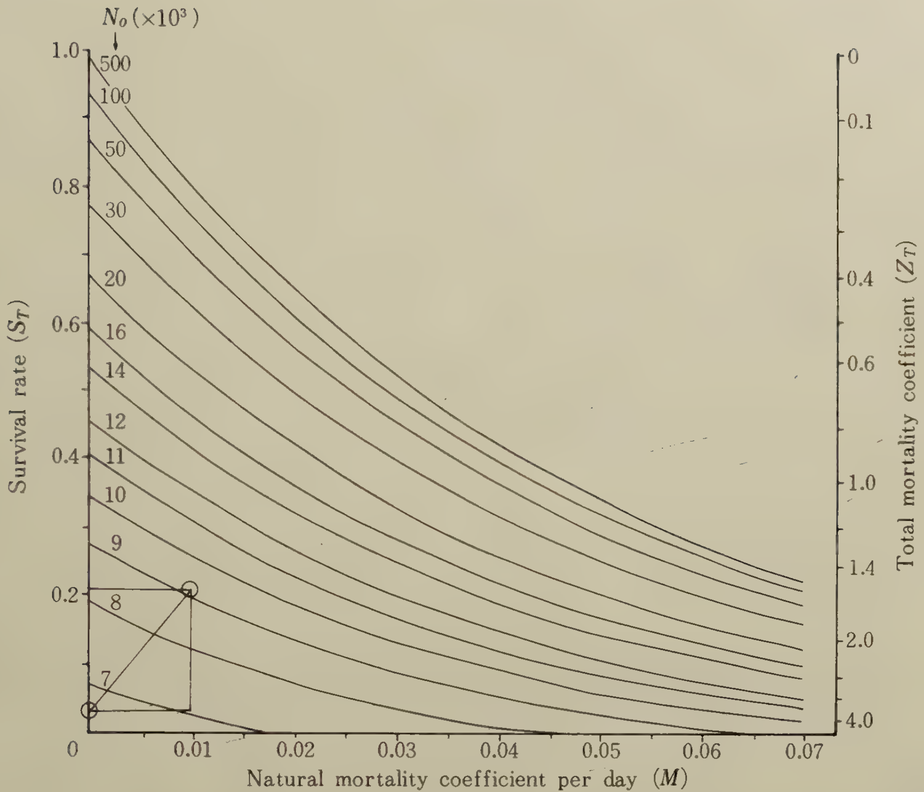


Fig. 9 Isometric contours of initial stock number, N_o, of blue crab for given survival rate, S_T, or mortality coefficient, Z_T, during the main fishing season and given natural mortality coefficient per day, M. Probable estimates of initial stock number on 1 October 1975 lies inside the rectangle for natural mortality coefficient per day of 0 0.01, and survival rate of 0.032-0.209. Numerals inside the figure denote initial stock number in 1000 crabs. See text and Table 4.

残率 S_T の推定は，10月1日に行なわれた試験操業の時の CPUE，43と，主漁期が終ったと考えられる10月21日の CPUE，9から推定した。

$$S_T = 9/43 = 0.209$$

ここで，$M=0.005$ とすると，Fig. 8 から，$N_o=8{,}700$ が求められる。試験操業における CPUE は，10月2日から5日迄のそれに比べて低いので，この S_T は，最大推定値であると考えてよい。一方，最小推定値は，10月2日の CPUE，63 と24日の CPUE，2から $S_T=0.032$ と考えた。この時の N_o の推定値は，Fig. 8 から7,000と求められる。

自然死亡係数Mと，全期間の生残率 S_T に対する初期資源量 N_o を Fig. 9 に示す。実際の S_T は前述のように，0.03～0.21の間にあると考えて良い。またMは大島（1938）の資料から求めた値0.005の2倍よりは小さいと考えられる。この2つの条件をみたす N_o の推定値を Fig. 9 の左下の長方形で示した。つまり，N_o の推定値をグラフから読みとると，6,700～9,200尾になる。ここで

は，与えられた S_T から N_o を推定するために，グラフを用いたが，S_T を与えて，N_o を求める数式は，論義の項で示す。S_T が小さければ，M の変化は，N_o の推定値に大きく影響しない。また，M が小なら S_T の変化による N_o の推定値の変化は小さい。江田島湾のガザミの場合，M，S_T は比較的小さいので N_o の推定値も比較的せまい範囲におさまると考えられる。なお，Fig. 9 は M，S_T，N_o の関係を示すグラフで，そのうちの2つの係数の値がわかれば他の一つの係数が推定できることを示している。

ところで，一般に cohort analysis（GULLAND 1965，同1977，POPE 1972，加藤1978，佐藤1980）では，最終期の漁獲死亡係数 F_e を計算の出発点として N_o の推定を行なう後退法が用いられている。F_e がわかると云うことは，(17)式から見て，最終期の資源尾数 N_e が解っていることと同等である。Table 4 で求められている最終期資源尾数 N_e を用いて，M=0，0.005，0.02，0.05，0.07 の場合について，N_e に対する N_o をプロットし，Fig. 10 に示した。N_e と N_o の関係は，(22)式で示される直線となる。

$$N_o = N_e \exp(M_T) + Hm \qquad (22)$$

M_T は，全期間を合計した自然死亡係数，ここでは21Mであり，Hm は，$N_e = 0$ を与える初期資

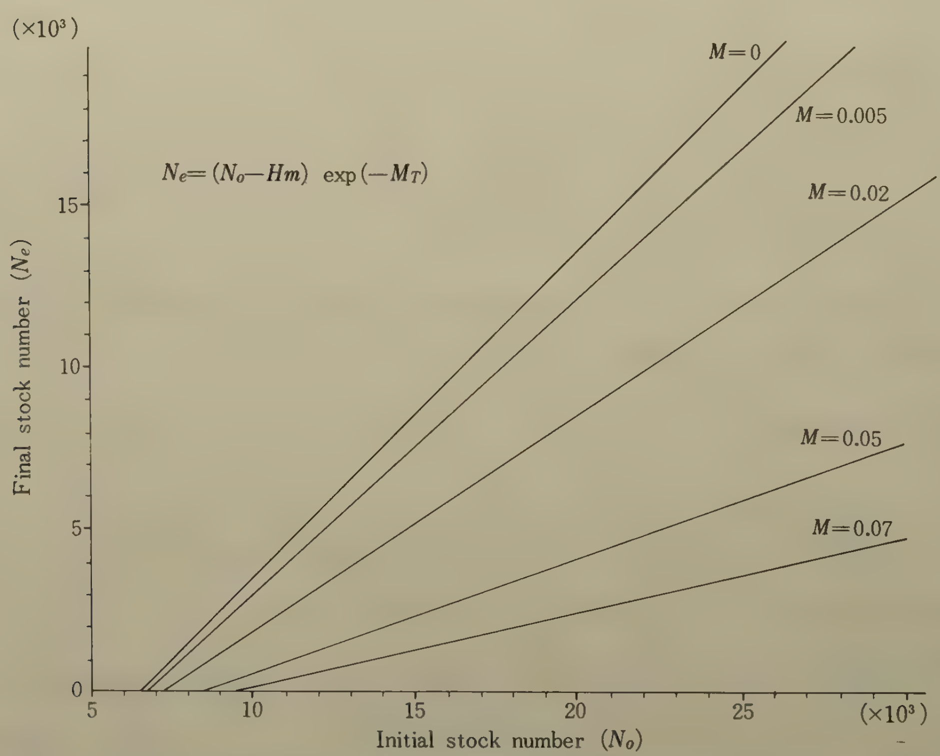


Fig. 10 Initial stock number, N_o, against final stock number, N_e, of blue crab for given natural mortality coefficient per day, M, and catch data of each day 1-21 October 1975. See text and Table 4.

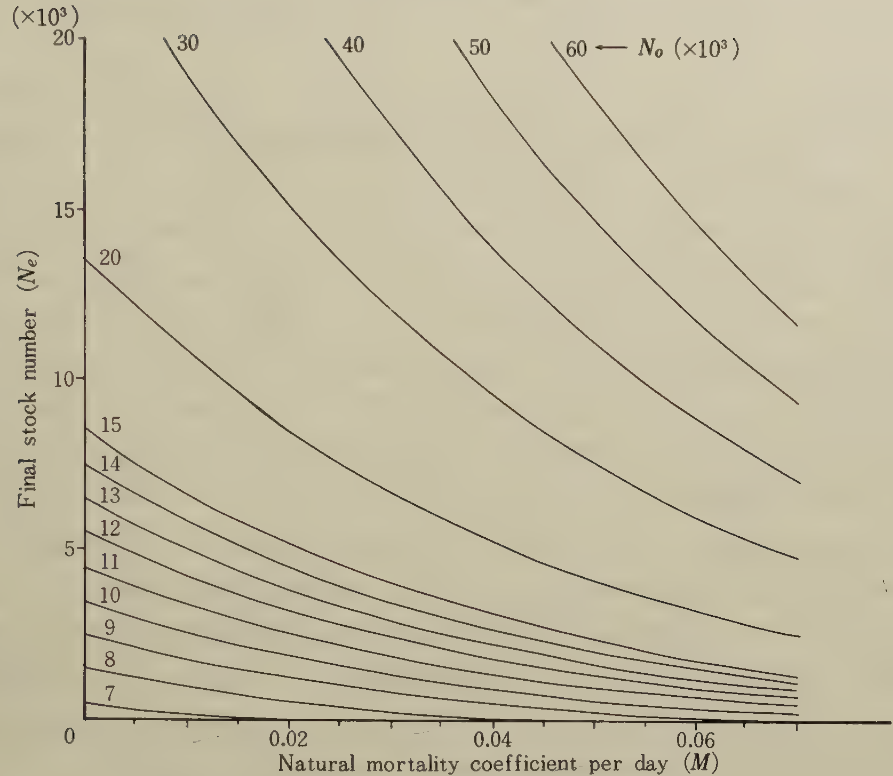


Fig. 11 Isometric contours of initial stock number, N_o, of blue crabs for given natural mortality coefficient per day, M, and final stock number, N_e. Numerals inside the figure denote initial stock number in 1000 crabs. See text and Table 4.

源量に相当する。*Hm* については次節で論じる。

Fig. 11 は，Mと N_e に対する N_o を示す。N_o の推定においては N_e が小ならMの変化の影響は比較的小さく，またMが小さければ，N_e の変化が N_o の推定に与える影響も小さいことがわかる。

論　　議

DeLury の式を，自然死亡がある場合に拡張した方法—1 の弱点は，CPUE が資源量水準を正確に反映していることを前提にしていることである。努力量が有効漁獲強度を正確に反映していることは多くはない。また死亡係数と，累積努力量から，Mと q を推定する方法—2 は，方法—1 と同様の弱点をもつとともに，それ以上に正確な資源量水準の推定を必要とする。

cohort analysis を用いる方法—3 は，努力量を初期と最終期の資源量水準を推定するためだけに用いており，他の期間については，努力量に比較すると信頼性の高い漁獲量だけがわかればよく，この点で，前の2つの方法より，優れている。特に全期間生残率 S_T，または，一定期間の資源量 N_t が，年齢組成，魚探調査，標識放流調査等で独立に推定されていれば，cohort analysis では，

努力量を用いなくても資源量推定が可能となる。ここでは，特に cohort analysis について考察する。

cohort analysis では，同じ時に同じ場所で生まれた単一群 single cohort（TOMLINSON 1970）から，年，月，日など対象種の生涯におけるいくつかの期間別漁獲量を用いて，その群の各期間別の資源量や，漁獲係数を計算する。ただし，自然死亡係数はわかっているものとする。この方法は，RICKER (1948), FRY (1949), JONES (1961), MURPHY (1965), GULLAND (1965), TOMLINSON (1970), POPE（1972），大隅（1978）等の報告があり，"sequential computation based on BARANOV's catch equation", "virtual population analysis (VPA)", "cohort analysis", "MURPHY 法", "MURPHY-TOMLINSON 法", "GULLAND 法", "RUSSELL 型 cohort 解析" 等と呼ばれてきた。ここでは CADIMA (1978) にならって，これらの方法全体を cohort analysis と称した。なぜなら，これらの方法は同一の基本原理にもとづいているからである。この歴史的経過については，RICKER (1965), GULLAND (1977), CADIMA (1978) が紹介している。

一般的な cohort analysis では，最終期の尾数 N_e を推定し，後退法により初期資源量 N_o を求める。計算経過として，当然途中の資源量も求められる。最終期の尾数を推定するには，1)最終期の全死亡尾数に対する漁獲尾数の割合，2)最終期の資源尾数に対する漁獲尾数の割合，3)最終期の近くにおける i 期以降と（$i+1$）期以降の累積漁獲尾数 virtual population の比から平均的な生残率を推定するという3つの方法がよく用いられる（CADIMA 1978）。最終期の自然死亡係数，漁獲尾数はわかっているので，同期の漁獲死亡係数 F_e および資源尾数 N_e が計算できる。これらの方法によって求められた最終期尾数 N_e は非常に大まかな推定値である。しかし，N_e そのものが，非常に大きくない限り，N_e の推定精度が，初期資源量 N_o の推定に与える影響は小さい（POPE 1972, JONES and VAN ZALINGE 1981）。その理由は次のとおりである。N_o と N_e の関係は(22)式で示され，M_t が定まっており，期間別漁獲量 C_t がわかれば，M_T，Hm は定数となる。したがって，N_e が Hm に比べて小で，かつ M_T も小さければ，N_e の変化は，N_o に大きくは影響しない。本報告では，N_e と M_T に関する条件がみたされない場合にも適用できる全期間の生残率 S_T と，前進法の計算から，初期資源量 N_o を求める cohort analysis の方法を述べた。S_T は現実に求めやすい係数であり，応用範囲が広い。

前進法により，Fig. 8 を描くには，特定のMについて，5,000～30,000にわたる20～30個の N_o についての計算から，それぞれの S_T を求め，なめらかな線で結ぶ必要がある。(22)式を利用して，N_o から S_T を求める式を導くことができる。(22)式を変形すると，(23)式となる。

$$N_e=(N_o-Hm)\ \exp(-M_T) \tag{23}$$

したがって，N_o，Hm，M_T がわかっていれば，(23)式を N_o で除した(24)式によって S_T は求められる。

$$S_T=N_e\,/\,N_o=(1-Hm/N_o)\ \exp(-M_T) \tag{24}$$

逆に，S_T から N_o を(25)式又は(26)式により求めることができる。

$$N_o=\frac{Hm}{1-S_T\exp(M_T)} \tag{25}$$

または，

$$N_o=\frac{Hm}{1-\exp\{-(Z_T-M_T)\}} \tag{26}$$

ここで Hm の項について述べる。本間（1978）は cohort analysis の計算結果の傍証として，漁獲対象となった「Minimum ストック」を計算している。これは与えられたMと，期間別漁獲量に対して cohort analysis の前進法の計算が可能となる最少初期資源量のことである。すなわち，大きすぎる初期資源量では，最終期に残存資源量があるが，少なすぎる初期資源量を与えて計算すると，途中で資源量が負になり計算が続行されなくなる。計算可能な最少資源量を本間の「Minimum ストック」とし，Hm で表した。(22)式は Hm が N_o と N_e から求められることを示している。すなわち，cohort analysis の前進法の計算を，Hm より大きいと考えられる任意の N_o から出発して計算すると，それに対応する N_e が求められる。N_o と N_e および M_T から，Hm は(27)式で求められる。

$$Hm=N_o-N_e\ \exp(M_T) \tag{27}$$

普通には，N_o は，総漁獲尾数の10倍適度の値を用いるのが適当であろう。

この論文では，本間の定義を変更して，(27)式で与えられる Hm を本間の minimum ストックとして用いる。

cohort analysis のしくみを理解するために，Fig. 12 に単一期間の場合の cohort analysis の構造を示した。ここで，漁獲量C，自然死亡係数Mが解っているとする。任意の N_o を与えて，(19)式，(18)式を用いて N_e を計算できる。求められた N_e を(22)式に代入して Hm が求められる。Table 5 に$M=0.3$，$C=300$の場合に，$N_o=350$～100,000 の計算結果を示す。Hm は327～347となり，最大6％の差がある。しかし，一般的な漁獲状態では，単一期間のMの値はもっと小さく，N_o も漁獲量の数倍は存在する。Table 5 の場合でも，初期資源量 N_o が漁獲量Cの2倍以上あれば Hm は N_o に関らず一定であると考えてよい。ただし，本間（1978）が計算した，「N_e が0.5尾以下になるような N_o を Hm とする」と，ここで用いる Hm とはかなり異なる数値となることがある。しかし一般的な条件では，Fig. 10 に示すとうり，Hm は N_o に関らず一定となり，本間の定義による数値とほとんど差がない。したがって Fig. 12 は次のように解釈できる。初期資源量 N_o は，漁獲量Cと自然死亡係数Mのみで決定される Hm の部分と，その他の部分（N_o-Hm）に分けられる。Hm の部分は，N_o の大小に関係なく決まり，この期間の終りには0となる。残りの部分は自然死亡係数Mで減少し，この期間の終りには N_e となる。

Table 5. Relationship between preliminary initial stock number, N_o, final stock number, N_e, and estimation of Hm for given catch number, C, of 300, and natural mortality coefficient, M, of 0.3 per period, at a unit period in the forward calculation of cohort analysis.

Preliminary initial stock number N_o	Resulted final stock number N_e	$N_e \exp(M)$	HONMA's minimum stock $Hm=N_o-N_e\exp(M)$	Fishing mortality coefficient F
350	17	23	327	2. 726
400	50	67	333	1. 787
450	84	114	336	1. 373
500	120	162	338	1. 126
600	192	260	340	0. 837
700	266	358	342	0. 669
800	339	458	342	0. 559
900	413	557	343	0. 480
1000	486	656	344	0. 421
2000	1226	1654	346	0. 190
5000	3447	4653	347	0. 072
10000	7151	9653	347	0. 035
20000	14559	19653	347	0. 018
100000	73825	99653	347	0. 003

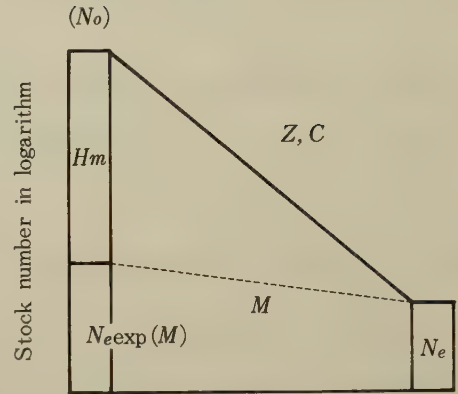


Fig. 12 Presentation of components of initial stock number, N_o, against final stock number, N_e, catch in number, C, and natural mortality coefficient, M, during a unit period.
Straight and dotted lines denote process of decrease of stock either due to total mortality, Z, and natural mortality, M, respectively. Numerals are plotted in logarithm. See text and Table 5.

$$(N_o-Hm)\ \exp(-M)=N_e\ \exp(M)\ \exp(-M)=N_e \quad (28)$$

POPE（1972）は，(17)，(18)式より，次式を導いた。

$$N_o=N_e\ \exp(M)+\frac{(F+M)(1-\exp\{-F\})}{F(1-\exp(-\{F+M\})}C \quad (29)$$

ここで，(29)式の一部を関数の形として，

$$f(F,\ M)=\frac{(F+M)(1-\exp\{-F\})}{F(1-\exp(-\{F+M\})} \quad (30)$$

とおくと，Hm は(31)式となる。

$$Hm=f(F,\ M)\ C \quad (31)$$

$M<0.3$，$F<1.2$ なら，$f(F,\ M)$ は $\exp(M/2)$ で近似でき，その誤差は4％以下であることを利用して，POPE の近似式による cohort analysis は導かれている（POPE 1972，永井1980）。(31)式にこの近似値を代入すると，(32)式となる。

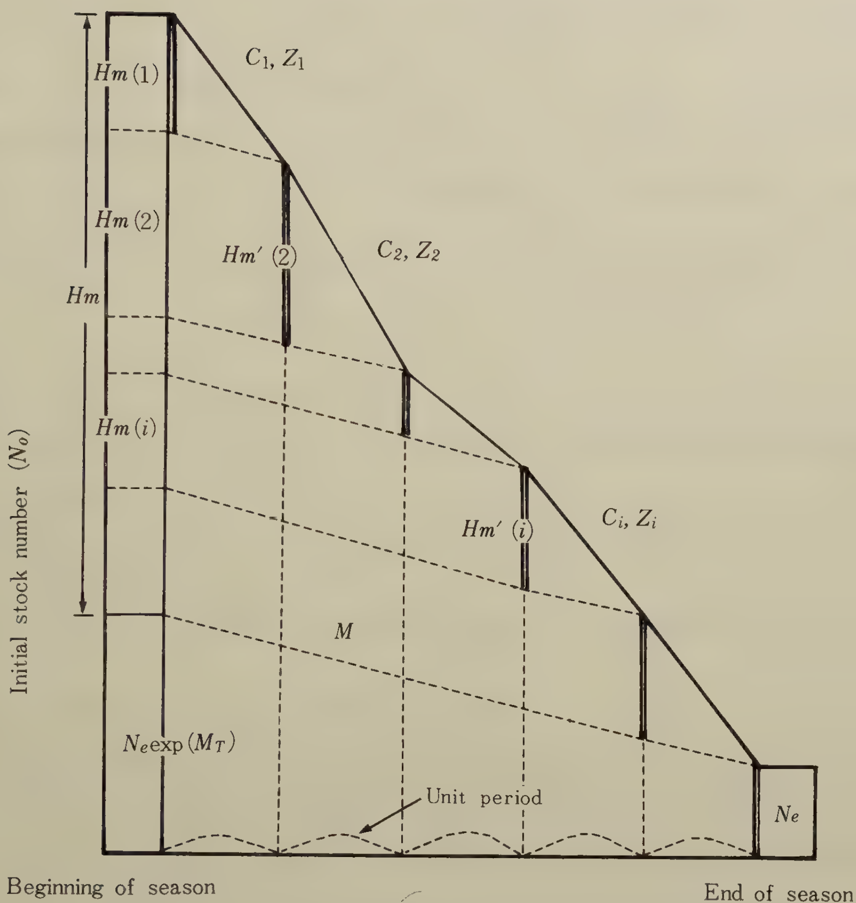


Fig. 13 Presentation of components of initial stock number, N_o, and HONMA's minimum stock number, Hm, against natural mortality coefficient, M, catch in number, C_i, total mortality coefficient, Z_i, at i-th unit period and final stock number, N_e, in the cohort analysis.
Straight and dotted lines denote process of stock either due to total mortality, Z_i, and natural mortality, M, respetively. Numerals are plotted in logarithm. See text.

$$Hm=\exp(M/2)\ C \tag{32}$$

すくなくとも，POPE の近似式が適用できる範囲では，HmはMとCだけで決定される。

Fig. 13 には，期間が2以上に分けられる場合を示す。Mが一定なら各期間漁獲尾数 $C_1, C_2, \ldots, C_i$ は，Fig. 12 に示したように，その期間の初めにおける「minimum ストック」に換算できる。これを $Hm(1)', Hm(2)', \ldots, Hm(i)'$ とする。この値は N_o に関わらず一定である。$Hm(i)'$ は次式で，初期の minimum ストックの一部である $Hm(i)$ に換算できる。

$$Hm(i)=Hm'(i)\ \exp\{-(i-1)M\} \tag{33}$$

すなわち，本間の minimum ストック Hm はこれらの合計として，N_o に関らず一定となる。

$$Hm = Hm(1) + Hm(2) + \cdots + Hm(i) + \cdots \tag{34}$$

Mは期間内で一定なら，期間ごとに異なっていても，同様の考え方が適用できる。

なお，Pope（1972）の近似式では，i 期の資源尾数 N_i は，それ以降の漁獲尾数 C_{i+n}，と自然死亡係数M，t 期の残存尾数 N_t から(35)式で求められる。

$$N_i \fallingdotseq \{C_i \exp(M/2)\} + \{C_{i+1} \exp(3M/2)\} + \{C_{i+2} \exp(5M/2)\} + \cdots \\ \cdots + [N_t \exp\{(t-1)M\}] \tag{35}$$

すなわち本間の minimum ストック Hm の近似値は最後の項を除いたものであり，自然死亡係数Mが，期間別に異なる場合は(36)式で示される。

$$Hm \fallingdotseq \sum_{i=1}^{t} \left[C_i \exp\left\{ \left(\sum_{j=1}^{i-1} M_j \right) + M_i/2 \right\} \right] \tag{36}$$

この場合も，Hm は初期資源量 N_o や，最終期資源量 N_e と無関係で，C_i と M_i だけで決定されることを示している。

Hm の以上の性質を利用すると，cohort analysis の前進法の計算プログラムは，後退法にも適応できることがわかる。すなわち前進法の計算から(27)式で Hm を求め，任意の N_e が与えられれば，(22)式で N_o が求められる。さらに，各期間ごとの資源量が知りたければ，ここで求められた N_o を出発点とした前進法の計算プログラムを用いればよい。

残された問題点

Fig. 12 の論議で述べたように，極端なMや C/N_o の場合は，Hm が一定しない。Hm がほぼ一定となるM，N_o の範囲を検討する必要がある。少くとも，(20)，(21)式で示される Pope（1972）の近似式が適用できる $M<0.3$，$F_t<1.2$ より広い範囲で一定と考えられる。

(19)式を用いて F_t を求めるのに，現在は２分法によって求めるプログラムを用いたが，Newton-Raphson の方法が適用できれば収束が早くプログラムも簡単になる。

Leslie（1939）の方法は，「残存資源尾数は，資源量指数（又は CPUE）に比例する」ということと，「資源の減少は，漁獲のみによる」の前提から導かれている。cohort analysis を利用すれば，「資源の減少は，漁獲と自然死亡係数Mによる」場合についての推定方法すなわち，Leslie 法を自然死亡がある場合に拡張できよう。

要　約

single cohort について期間別の漁獲統計がある場合の初期資源量推定方法を検討した。

1．DeLury の方法を，自然死亡係数がわかっている場合にも適用できるように拡張した（方法－1）。

2．CPUE と累積努力量を用いて，自然死亡係数と漁獲能率を求める方法を示した（方法―2）。ただし，この方法は，データのバラツキのために，信頼性は低い。

3．漁獲の第1期間と，最終期間の間の生残率 S_T を用いる cohort analysis の推定方法を述べた（方法―3）。

4．cohort analysis のモデル構造を示し，本間の minimum ストック（本間1978）を若干変更した *Hm* の項の役割をあきらかにした。すなわち，これを用いれば，初期資源量 N_o と最終期資源量 N_e の関係は次式となる。

$$N_o = N_e \exp(M_T) + Hm$$

ここで，M_T は全期間の合計した自然死亡係数（$=\Sigma M_t$），であり，*Hm* は本間の minimum ストックにほぼ等しい。*Hm* は，期間別の自然死亡係数 M_t と，漁獲量 C_t が与えられると，仮定した初期資源量 N_o' を用いて cohort analysis の前進法の計算から求めることができ，仮定した N_o' に関らずほぼ一定値となる。

文　　献

BEVERTON, R. J. H. 1953: Notes on the use of theoretical models in the study of the dynamics of exploited fish populations. U. S. Fish. Lab., Beaufort, N. C., Misc. Contrib. 2: 159p.

BRAATEN, D. O., 1969: Robustness of the DeLury population estimator. J. Fish. Res. Bd. Canada, **26**(2): 339—354.

CADIMA, E. L., 1978: Cohort analysis. In "Models for fish stock assessment." In FAO Fish. Circ. 701: 49—60.

DELURY, D. B., 1947: On the estimation of biological populations. Biometrics, 3(4): 145—167.

土井長之，金　容文，高尾亀次，石岡清英，岡田啓介，1972：燧灘底曳漁場におけるクルマエビの資源解析．東水研報告，69：45—54.

FRY, F. E. J., 1949: Statistics of a lake trout fishery. Biometrics, 5: 27—67.

GULLAND, J. A., 1965: Estimation of mortality rates. Annex to Report Arctic Fish. Working Group, Int. Couc. Explor. Sea, C. M. 3: 12p.

GULLAND, J. A., 1977: The analysis of data and development of models. In "Fish population dynamics." A Willy-interscience publication, Chichester: 86—88.

本間　操，1978：漁獲対象となった Minimum ストックの計算．漁業資源解析のためのプログラム集，水産庁，FZRP/5：193—197.

猪子嘉生，川西正衛，平田貞郎，高場　稔，1979：ガザミの種苗放流・追跡 –IX，50年江田島湾放流群の漁獲回収とその資源解析．広水試報，10：51—55.

JONES, R., 1961: The assessment of long-term effects of changes in gear selectivity and fishing effort. Mar. Res. (Scotland), (2): 1—19.

JONES, R. and N. P. VAN ZALINGE, 1981: Estimates of mortality rates and population size for shrimp in Kuait waters. Kuwait Bull. Marine Science. 2: 273—288.

加藤史彦，1978：Virtual population analysis 及び cohort analysis による資源尾数と漁獲死亡係数の推定．漁業資源解析のための電子計算機プログラム集．水産庁，FZRP/5：167—173.

LESLIE, P. H. and D. H. S. DAVIS, 1939: An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. J. Animal Ecology 8: 94—113.

MURPHY, G. I., 1965: A solution of the catch equation. J. Fish. Res. Bd. Canada, 22: 191—202.

永井達樹, 1980：コーホルトアナリシス入門. 遠洋水研ニュース, 38：10—12.

大島信夫, 1938：瀬戸内海「ガザミ」調査. 水試報, 9：141—212, PL. I—V.

大隅清治, 1978：Russell 型 cohort 解析. 漁業資源解析のための電子計算機プログラム集, 水産庁, FZRP/5：193—197.

PALOHEIMO, J. E., 1961: Studies on estimation of mortalities. I. Comparison of a method described by Beverton and Holt and a new linear formula. J. Fish. Res. Bd. Canada, 18(5): 645—662.

POPE, J. G., 1972: An investigation of the accuracy of virtual population analysis using cohort analysis. Int. Comm. Northwest Atl. Fish. Res. Bull., 9: 65—74.

RICKER, W. E., 1975a: Estimation of survival rate of fishing from the relation of fishing success to catch of effort. In "Computation and interpretation of biological statistics of fish populations." Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 191: 149—161.

RICKER, W. E., 1975b: Estimation of stock and mortality from statistics of the catch and its qualitative composition. In "Computation and interpretation of biological statistics of fish populations." Bull. Fish. Res. Bd. Canada, 191: 181—202.

佐藤哲哉, 1980：Cohort analysis などによるキシマダイの資源評価. 西日本底魚部会報, 昭54年度,：67—83.

TOMLINSON, P. K., 1970: A generalization of the Murphy catch equation. J. Fish. Res. Bd. Canada, 27(4): 821—825.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

大阪湾におけるマクロベントス群集の季節変動

玉 井 恭 一

Seasonal Fluctuation of Macrobenthic Communities in the Osaka Bay, Japan

Kyoichi TAMAI

The investigation covers seasonal fluctuation of macrobenthic communities at five stations of 10 to 39 m deep in the Osaka Bay during April 1979 through March 1980. The Smith-McIntyre grab with a covering area of 0.1 m^2 collected three samples at the shallowest station 1 and two samples at the four other stations at each of 15 samplings repeated during the one-year period. The materials were washed through a sieve of 1.0 mm mesh.

Except the biomass and density at the stations 1 and 2, the biomass, density and number of species of macrobenthic animals increased in summer, June and July, and decreased in autumn and early winter, September to December, as usually found in many localities in Japan. At the exceptional station 1, however, the biomass and density appeared high in the autumn as well as in the summer. Recruitment of two dominating polychaetes *Paraprionospio* sp. (type A) and *Cirriformia tentaculata* causes the additional peak in the autumn. The specific feature found at this particular station is explained by the change of fauna in the warm season. Namely, the dissolved oxygen deficiency occurred in the summer and killed many species out; the two polychaetes entered into the vacant niche and prospered there in the autumn; and thus there occurred two peaks of abundance of the macrobenthos.

Success of recruitment of *Paraprionospio* sp. (type A) seemed to have changed year to year at the station 2 of 15 m in depth. The yearly fluctuation of the dominant polychaete resulted in remarkable change of the seasonal fluctuation of macrobenthos at this region.

ベントスは底魚類，小型エビ類の餌生物として極めて重要であり，また海域環境の指標としても優れた特徴を備えている。我が国では限られた時期のベントスの群集区分や構造解析を行った例は非常に多い。また年6回以上の調査に基づくベントス群集の季節変動は陸奥湾（YAMAMOTO 1952），松島湾（谷田・奥田，1956），東京湾（北森，1950），大阪湾（大阪府水産試験場，1977；矢持・城，1978），播磨灘（讃岐田他，1979，1981），松永湾（北森，1963），三原湾（北森他，1959），備後灘北部（MUKAI 1974），天草巴湾（KIKUCHI & TANAKA 1978；菊池，1979）の各海域で検討されてきた。

1982年1月11日受理，南西海区水産研究所業績 117号 〒739-04 広島県大野町
住所 南西海区水産研究所高知庁舎 〒780 高知市桟橋通り

大阪湾では比較的多くの調査によって，ベントスの分布状況が明らかにされている（宮地, 1938, 1940；MIYADI 1940；北森・船江, 1959；北森, 1969；城他, 1969；城他, 1978；玉井・永田, 1978）。さらに大阪府水産試験場（1977）は1976年に湾東部の泉南沿岸海域で年間を通して6回調査を行ってベントス群集の季節変動の大略を把握し，矢持・城（1978）は同一海域で夏に出現する貧酸素水塊がベントス相に顕著な影響を及ぼすことを明らかにした。玉井（印刷中）は大型の採泥器を用いて1979年4月から1980年3月にわたり15回の調査を行い，ベントス群集中の特定種の消長を述べた。ここではその試資料の解析を進めて，典型的な内海性海域である大阪湾のベントス相，湿重量，生息密度，種類数の季節変動，主要なベントスの季節的な消長を明らかにした。

本研究をまとめるにあたってご指導をいただいた南西海区水産研究所杉浦健三海洋部長，鈴木智之海洋部第二研究室長に謝意を表する。また塩分，溶存酸素量の測定にご協力いただいた大阪府水産試験場の城久主任研究員，ベントスの選別と測定に携わった元高知大学学生星田孝博氏に感謝の意を表する。南西海区水産研究所企画連絡室長林繁一博士には論文の校閲をお願いした。

本研究は関西国際空港漁業環境影響調査の一環として行ったものであることを付記する。

方　　法

本研究には前報（玉井，印刷中）の調査結果を用いた。その資料は以下に記す方法で収集された。

なお，ベントス採集はしんこう海洋（泉佐野市）に委託し，塩分，溶存酸素量の測定値は大阪府水産試験場の協力によった。

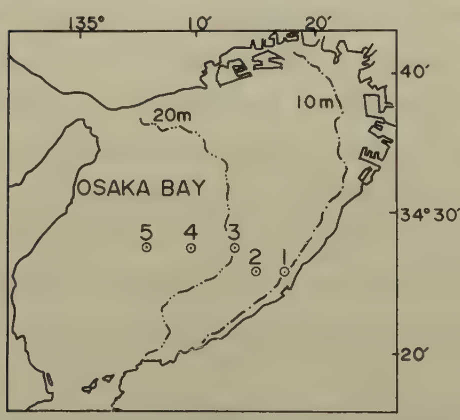


Fig. 1　Map of the Osaka Bay with isodepth contours and sampling stations.

ベントスは Fig. 1 に示す5定点で1979年4月から1980年3月にかけて15回採集した。採集にはスミス・マッキンタイヤ型採泥器（採泥面積0.1m²）を用い，Stn. 1 で3回，その他の4点では2回の採泥を行った。調査地点の水深は Stn. 1 から順に10，15，20，28，39mである。

物理・化学的な項目として泥温，表・底層水の水温，塩分，溶存酸素量，底質中の全炭素含量，全窒素含量，灼熱減量，粒度組成を測定した。

マクロベントスは船上で1㎜目のフルイで選別し，ホルマリンで固定後，種の同定，個体数算定，湿重量測定を行った。個体数，湿重量は1㎡に換算，種類数は採泥1回あたりの値で示した。解析は体重0.5g以下の個体に限定した。調査地点間のベントス相の類似性は木元の Cπ 指数（KIMOTO 1967）を用いて検討した。Cπ 値は採集個体数10個体以上の種を対象とし，地点ごとの種別の年間合計個体数によって計算した。

結　　　果

1. 底層環境

ベントスの分布，成長に大きな影響を及ぼす底層水の水温，塩分，溶存酸素飽和度の季節変動をFig. 2 に示した。底層水温は2～3月の7℃から8～9月の25℃の間にあり，沿岸寄りで年較差がやや大きいものの，同じ月では地点間の差は小さい。底層塩分は冬季に低下するが各点とも周年31‰を下まわることはなく，淡水の影響は少ない。夏季にみられる溶存酸素飽和度の低下は沿岸寄

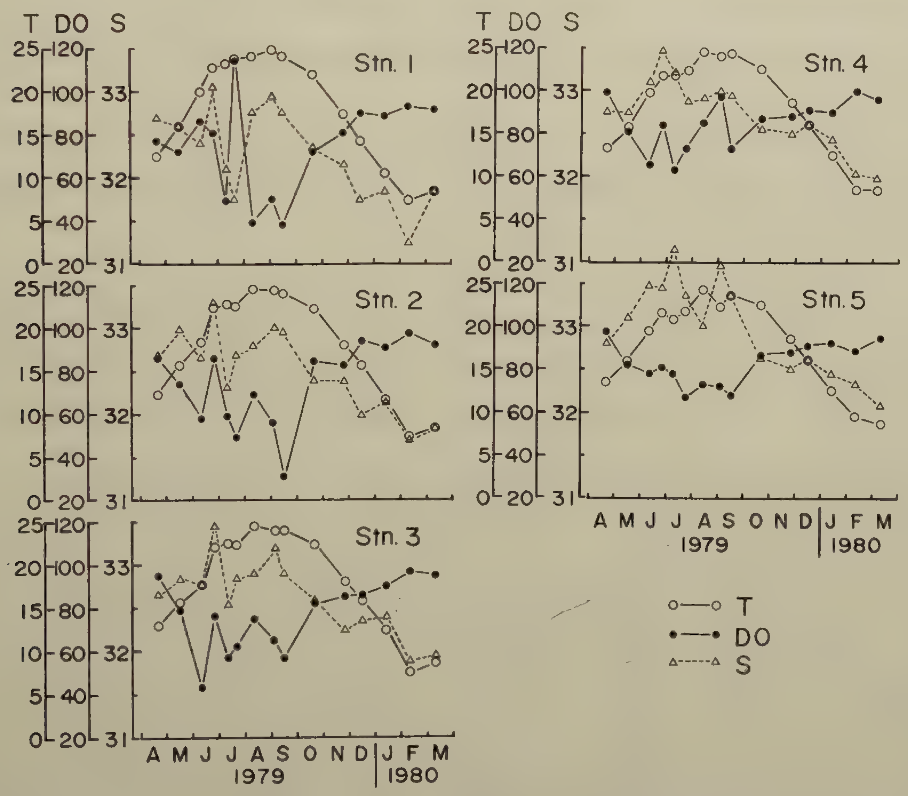


Fig. 2 Seasonal fluctuations of water temperature, salinity and dissolved oxygen concentration at the bottom, stations 1-5, April 1979-March 1980.
Open circles, closed circles and triangles denote water temperature in °C (T), dissolved oxygen concentration in % (DO) and salinity in ‰ (S).

りで大きく，沖合寄りでは小さい。すなわち沿岸寄りの Stn. 1, 2 では成層の強まる8～9月頃に30％台まで低下するのに対して，Stn. 3 では43％に低下した6月上旬を除いて50％以上，沖合寄りの Stn. 4, 5 では60％以上である。循環期に入る10月から翌年5月までは全点70％以上の飽和度を保っている。

底質分析結果からこの5地点は，礫・砂・貝殻を含んで粗く有機物量の少ない Stn. 1，有機物の

Table 1　Physico-chemical characters of bottom sediments taken at the stations 1-5 in the Osaka Bay, on March 9, 1980.

Station	Total carbon (mg/g dry mud)	Total nitrogen (mg/g dry mud)	Ignition loss (%, 850°C, 1hr)	Mud content* (%)
1	2.77	0.30	2.7	10.9
2	21.17	2.23	11.3	98.8
3	22.65	2.17	11.2	98.8
4	17.34	1.48	8.8	75.5
5	18.58	0.99	7.6	47.3

*Mud content is given in the weight percentage of fine particles less than 63 μm in diameter.

豊富な軟泥底海域の Stn. 2, 3, 有機物量が比較的少なく底質がやや粗い Stn. 4, 5 の３グループに分けられる（Table 1)。底質の差からみて底層水の流動は Stn. 1 とStn. 4, 5 で比較的強く，Stn. 2, 3 では弱いと考えられる。

以上の結果を総合すると調査海域は，波浪・潮汐等の影響を受け底質は粗いが溶存酸素量がかなり低下する Stn. 1, 停滞性が強く泥底域の Stn. 2, 3, 底層流が比較的強い砂泥底域で溶存酸素量はあまり低下しない Stn. 4, 5 に３区分される。

2. ベントスの分布

年間を通したベントスの湿重量，生息密度，出現種類数は沿岸の Stn. 1 で最大（53.3g，6349個体，28.8種）やや沖合の Stn. 3 で最小（3.3g，87個体，5.5種）である（Table 2)。その他の３地点では湿重量８～９g，生息密度250～400個体，出現種類数９～13種である。いずれの地点で

Table 2　Annual means of biomass, density and number of species of the macrobenthic animals at the stations 1-5 in the Osaka Bay, April 18, 1979-March 9, 1980.

	Station	Taxonomic group					Total
		Polychaeta	Crustacea	Echinodermata	Mollusca	Others	
Biomass* (g/m²)	1	44.59	0.76	0.35	4.33	3.28	53.31
	2	8.24	0.04	0.09	0.73	0.12	9.22
	3	1.97	0.41	0.34	0.36	0.18	3.26
	4	4.53	0.23	0.66	2.08	0.67	8.17
	5	4.87	0.40	2.34	0.65	0.78	9.04
Density* (Ind./m²)	1	5756	107	57	218	211	6349
	2	357	10	7	21	6	401
	3	54	11	9	10	4	87
	4	142	10	14	86	16	269
	5	168	18	39	32	25	282
No. of sp.* (No./0.1m²)	1	18.8	2.5	0.5	3.0	4.0	28.8
	2	6.4	0.5	0.4	1.1	0.6	9.0
	3	3.5	0.6	0.5	0.7	0.2	5.5
	4	6.9	0.9	1.0	1.9	1.3	12.0
	5	8.3	1.3	1.1	1.3	1.2	13.2

* Biomass, density and number of species exclude individuals heavier than 0.5g in wet weight.

Table 3 List of 45 major macrobenthic animals ranked by number of specimens collected at the stations 1-5 in the Osaka Bay, April 18, 1979-March 9, 1980.

Rank	Taxonomic group	Scientific name	Station 1	2	3	4	5	Total	Cumulative percentage
1	P	*Paraprionospio* sp. (type A)	7386	521	1	—	—	7908	24. 96
2	P	*Euchone* sp.	5976	203	16	15	5	6215	44. 57
3	P	*Lumbrineris longifolia*	5314	44	2	2	—	5362	61. 50
4	P	*Cirriformia tentaculata*	1565	1	—	—	—	1566	66. 44
5	P	*Sigambra tentaculata*	1324	110	24	50	31	1539	71. 30
6	P	*Glycinde* sp.	765	34	9	42	76	926	74. 22
7	P	*Pseudopolydora* sp. A	801	6	—	7	2	816	76. 80
8	M	*Theora lubrica*	376	19	16	204	53	668	78. 90
9	P	*Prionospio cirrifera*	531	5	—	—	—	536	80. 60
10	P	*Polydora ciliata*	504	—	—	—	—	504	82. 19
11	Te	Phoronidea sp.	411	—	—	2	2	415	83. 50
12	P	*Spiochaetopterus costarum*	285	18	14	13	11	341	84. 57
13	Co	Hexacorallia sp. A	254	2	—	19	46	321	85. 59
14	E	*Ophiophragmus japonicus*	252	—	—	1	57	310	86. 56
15	M	*Musculus senhausia*	266	2	1	1	—	270	87. 42
16	C	*Corophium acherucicum*	254	—	1	1	1	257	88. 23
17	P	Capitellidae sp. A	217	—	1	2	5	225	88. 94
18	M	*Raete rostralis*	211	—	1	2	3	217	89. 62
19	P	*Euclymene* sp.	12	—	—	98	104	214	90. 30
20	Ne	Nemertinea sp.	152	7	1	11	17	188	90. 89
21	P	*Nectoneanthes* sp.	104	17	1	7	10	139	91. 33
22	P	*Oxydromus* sp.	102	21	2	3	7	135	91. 76
23	P	*Paraprionospio* sp. (type B)	—	38	37	12	24	111	92. 11
24	P	*Glycera chirori*	75	18	2	2	9	106	92. 44
25	Co	Hexacorallia sp. B	99	—	—	—	—	99	92. 75
26	M	*Macoma tokyoensis*	47	40	—	6	1	94	93. 05
27	P	*Aonides* sp.	93	—	—	—	—	93	93. 34
28	C	Cumacea sp.	84	—	—	—	—	84	93. 61
29	P	*Asabellides* sp.	81	—	—	—	—	81	93. 86
30	P	*Prionospio malmgreni*	80	—	—	—	—	80	94. 12
31	P	*Nephtys polybranchia*	26	12	3	18	19	78	94. 36
32	E	Holothuroidea sp.	3	4	8	14	48	77	94. 61
33	E	*Echinocardium cordatum*	—	17	18	27	11	73	94. 84
34	P	*Sternaspis scutata*	—	—	—	51	18	69	95. 05
35	P	*Poecilochaetus japonicus*	2	2	14	33	12	63	95. 25
36	P	*Harmothoe imbricata*	55	—	1	2	2	60	95. 44
37	P	*Dorvillea rudolphi*	59	—	—	—	—	59	95. 63
38	P	*Eumida sanguinea*	57	—	—	—	—	57	95. 81
39	P	*Glycera alba*	56	—	—	—	—	56	95. 99
40	P	*Amphicteis gunneri*	54	—	—	—	—	54	96. 16
40	C	Copepoda sp.	25	23	2	3	1	54	96. 33
42	P	*Lagis bocki naikaiensis*	51	1	—	—	1	53	96. 49
43	P	Capitellidae sp. B	—	5	16	14	17	52	96. 66
44	P	*Pseudopolydora* sp. B	51	—	—	—	—	51	96. 82
45	P	*P. paucibranciata*	49	—	—	—	1	50	96. 98

Rest rare species less than 50 individuals in total comprise 68 polychaetes, 44 crustaceans, 2 echinoderms, 32 molluscous and 10 others.

The number of specimens is given in total number of catch at each station. The figure at the stn. 1 denotes the catch per 4.5 m² because there were made 45 collections by sampler having covered 0.1 m². At each of the other stations, 30 collections were made, and the figures denote catch per 3.0 m²

Taxonomic groups are abbreviated as; C; Crustacea, Co: Coelenterata, E: Echinodermata, M: Mollusca, Ne: Nemertinea, P: Polychaeta, Te: Tentaculata.

も多毛類が優占的に出現し，軟体類がそれに続く。甲殻類，棘皮類は全般に少ない。

Table 3 に年間採集個体数によって順位付けた出現種の地点別採集個体数を掲げた。全体的にみて種個体数による順位は生息密度の極めて高い Stn. 1 における順位に大きく左右される。総採集個体数に対する累積個体数百分率は９位までで80％，19位までで90％，34位までで95％である。出現種類数は未確定種を含めて201種に及び，その内訳は多毛類99種，甲殻類47種，軟体類36種，棘皮類５種，その他の動物群14種である。

Table 3 に示した地点別の個体数から，ここに示した45種のうち37種は次の６グループに分けられた。(1)分布域が Stn. 1 に限定されている種，(2) Stn. 1, 2 に分布し，Stn. 3～5 にはみられない種，(3)全調査地点に比較的多くみられる種，(4) Stn. 1, 4, 5 に分布し，中間の Stn. 2, 3 にはみられない種，(5) Stn. 2～5 分布し，Stn. 1 にはみられない種，(6) Stn. 4, 5 に分布し，Stn. 1～3 にはみられない種，の６グループである。しかし残り８種はいずれのグループにも分類できなかった。

(1)のグループは底質が粗く夏季に貧酸素化する浅い水域に分布する種で，多毛類ミズヒキゴカイ科のミズヒキゴカイ *Cirriformia tentaculata*（4；以下数字は Table 3 最左欄の順位を示す）やスピオ科の *Prionospio cirrifera* (9), *Polydora ciliata* (10), などがあげられる。ミズヒキゴカイは低酸素耐性に優れた種として知られ（Dales & Warren 1980），また *P. ciliata* は極く近縁種である *Polydora ligni* とともに世界各地の汚染域に出現する（Pearson & Rosenberg 1978）。なお *P. ciliata* と *P. ligni* は同一種であるとする意見もある（Rasmussen 1973）。

P. cirrifera は小型種で通常１㎜目のフルイでは大部分が洗い流されてしまう（玉井1981 b）。しかし Stn. 1 では底質が粗くフルイの目詰りを起した結果，多量に採集されたものと思われる。燧灘では泥底域でも0.5㎜目のフルイにより多量に採集されており（玉井1981 b），本種はむしろ後述する(3)のグループに近いであろう。

(2)のグループの生息域に共通の環境条件は水深の浅いことと夏季の貧酸素化がかなり顕著なことであり，底質は分布に影響していない。多毛類スピオ科の *Paraprionospio* sp.（A型）(1) が典型的である。しかし本種は貧酸素化のみられない土佐湾沿岸域でも採集されており（玉井1981 a），その分布が溶存酸素量の減少域に限られているわけではない。

(3)のグループは内湾に広く分布する一群であり，多毛類ではカギゴカイ科の *Sigambra tentaculata* (5)，ニカイチロリ科の *Glycinde* sp. (6)，ツバサゴカイ科のアシビキツバサゴカイ *Spiochaetopterus costarum* (12) などが，また軟体類ではアサジガイ科のシズクガイ *Theora lubrica* (8) が代表的である。

(4)のグループの生息域にみられる特徴は底質の粗いこと，すなわち底層流が比較的強いことであり，イソギンチャク類 Hexacorallia sp. (13) と棘皮類スナクモヒトデ科のカキクモヒトデ *Ophiophragmus japonicus* (14) があげられる。

(5)のグループは(1)のグループとは逆にやや水深が深く，砂泥～泥質の海域を好む。多毛類スピオ科の *Paraprionospio* sp.（B型）(23) やイトゴカイ科の一種 Capitellidae sp. B (43)，棘皮類ヒラタブンブク科のオカメブンブク *Echinocardium cordatum* (33) が含まれる。

(6)のグループは溶存酸素量の低下が小さく，比較的深い海域に分布する種を含み，多毛類ダルマゴカイ科のダルマゴカイ *Sternaspis scutata* (34) によって代表される。本種は沖合性の指標種として知られている（北森，1963)。

3. ベントス群集の季節変動

Fig. 3 に調査地点別のベントスの湿重量，生息密度，出現種類数の季節変動，Table 4 に主要

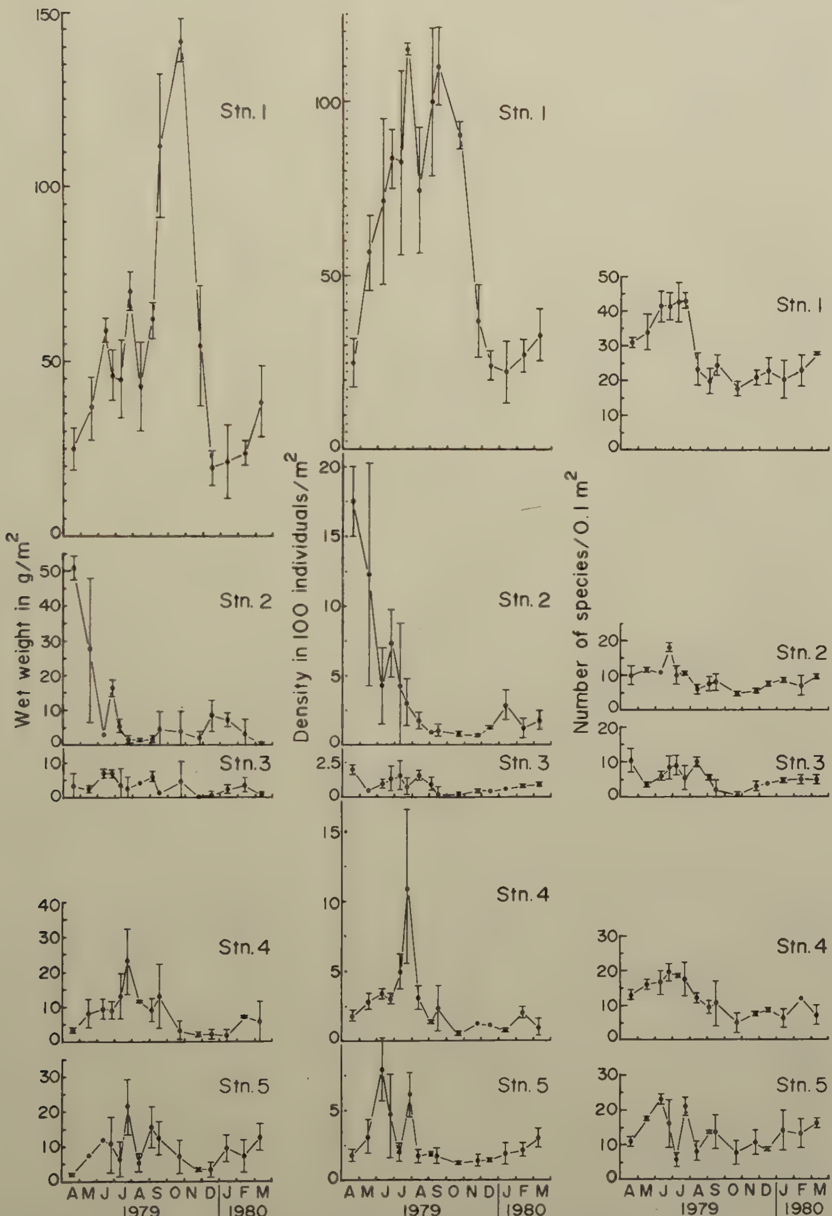


Fig. 3 Seasonal fluctuations of biomass in wet weight, density and number of species of macrobenthos at the stations 1-5, April 1979-March 1980.

Closed circles and vertical bars denote the means and standard deviations.

Table 4 Number of specimens of numerically abundant species at the stations 1-5

Station	Scientific name	Taxonomic group	1979 Apr 18	May 16	June 10	June 24	July 8
1	*Paraprionospio* sp. (type A)	P	36	98	123	55	77
	Euchone sp.	P	92	793	949	1300	1130
	Lumbrineris longifolia	P	206	257	255	216	269
	Cirriformia tentaculata	P	5	—	8	—	1
	Sigambra tentaculata	P	43	47	86	47	71
	Pseudopolydora sp.	P	3	22	99	168	243
	Glycinde sp.	P	45	32	28	40	54
	Prionospio cirrifera	P	95	58	37	53	53
	Polydora ciliata	P	—	—	51	9	36
	Phoronidea sp.	Te	15	9	8	4	2
	Theora lubrica	M	1	9	4	38	117
	Spiochaetopterus costarum	P	10	2	9	2	2
	Musculus senhausia	M	32	56	59	66	18
	Corophium acherusicum	C	1	26	52	135	37
	Hexacorallia sp.	Co	23	30	42	30	15
	Ophiophragmus japonicus	E	2	64	62	57	32
	Capitellidae sp.	P	—	1	—	2	5
	Raete rostralis	M	1	19	37	38	67
2	*Paraprionospio* sp. (type A)	P	295	180	1	35	2
	Euchone sp.	P	12	9	35	40	53
	Sigambra tentaculata	P	10	21	23	7	3
	Lumbrineris longifolia	P	9	8	2	4	4
	Macoma tokyoensis	M	1	2	2	8	—
	Paraprionospio sp. (type B)	P	—	—	2	5	1
	Glycinbe sp.	P	3	1	1	5	2
	Copepoda sp.	C	—	1	7	11	—
	Oxydromus sp.	P	4	2	2	3	1
3	*Paraprionospio* sp. (type B)	P	8	3	3	10	3
	Sigambra tentaculata	P	—	1	1	—	2
4	*Theora lubrica*	M	2	3	3	6	13
	Euclymene sp.	P	1	2	13	7	28
	Sternaspis scutata	P	—	1	7	2	9
	Sigambra tentaculata	P	1	1	4	2	3
	Glycinda sp.	P	6	6	3	2	5
	Poecilochaetus japonicus	P	3	4	11	—	4
	Echinocardium cordatum	E	1	2	4	2	2
5	*Euclymene* sp.	P	7	11	12	16	2
	Glycinde sp.	P	9	5	22	6	3
	Ophiophragmus japonicus	E	1	—	45	—	1
	Teora lubrica	M	—	—	—	15	23
	Holothuroidea sp.	E	—	3	—	8	8
	Hexacorallia sp.	Co	1	5	10	7	—
	Terebellides stroemi	P	—	1	9	7	—
	Sigambra tentaculata	P	3	4	2	1	—
	Paraprionospio sp. (type B)	P	1	2	11	3	—
	Praxillella affinis	P	—	—	5	1	—

See footnote of Table 3 for number of specimens, which is given either catch per 0.3m² at stn. 1 where two collections were made.

Taxonomic groups are abbreviated as; C: Crustacea, Co: Coelenterata, E: Echinodermata, M: Mollusca,

in the Osaka Bay, April 18, 1979–March 9, 1980.

							1980			Total
July 22	Aug 12	Sept 2	Sept 16	Oct 21	Nov 25	Dec 16	Jan 13	Feb 11	Mar 9	
375	1112	1673	1714	1742	328	7	24	15	7	7386
1563	—	—	—	9	4	10	23	48	55	5976
315	370	390	528	427	364	383	392	411	531	5314
132	421	375	337	202	50	4	10	7	13	1565
71	100	137	113	83	141	142	80	107	56	1324
255	—	—	—	—	1	—	—	1	1	801
92	74	118	120	82	23	12	10	23	12	765
47	18	131	5	—	4	15	1	3	11	531
37	39	50	282	—	—	—	—	—	—	504
6	7	20	40	72	40	30	29	53	76	411
207	—	—	—	—	—	—	—	—	—	376
5	3	23	33	43	66	34	10	19	24	285
32	3	—	—	—	—	—	—	—	—	266
2	—	—	—	—	—	—	—	—	1	254
19	8	20	17	13	6	6	8	6	11	254
29	5	—	—	—	—	—	—	—	1	252
6	8	15	3	—	3	21	23	46	84	217
48	—	—	—	—	1	—	—	—	—	211
1	—	—	2	1	1	—	3	—	—	521
35	16	—	—	—	—	—	2	1	—	203
1	—	1	3	5	1	6	17	3	9	110
2	—	1	2	—	2	3	5	1	1	44
2	6	2	3	2	1	2	1	3	5	40
3	—	—	—	—	2	2	12	5	6	38
2	2	4	3	1	3	1	4	—	2	34
—	—	—	—	—	—	—	—	3	1	23
8	—	2	—	1	—	2	1	1	3	21
—	—	—	—	—	2	—	1	4	3	37
1	—	3	1	—	3	2	3	2	5	24
143	17	8	3	1	—	—	—	—	3	204
10	11	1	14	3	3	2	—	1	2	98
18	—	—	2	—	—	2	2	6	2	51
1	4	2	—	—	10	6	5	7	4	50
3	2	3	6	1	2	2	—	1	—	42
3	5	—	2	—	—	—	—	1	—	33
1	2	1	6	2	1	1	1	1	—	27
21	—	2	4	6	2	3	5	3	10	104
6	—	2	4	3	5	7	—	3	1	76
10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	57
6	8	1	—	—	—	—	—	—	—	53
3	8	5	5	1	1	2	2	2	—	48
16	—	1	—	—	—	—	1	4	1	46
14	—	—	1	3	—	—	1	—	1	37
2	—	2	1	1	4	5	1	5	—	31
2	—	—	—	—	1	2	1	—	1	24
7	—	5	—	1	—	—	—	—	5	24

three collections were made each observation, or catch per 0.2m² at each of the other four stations where

P: Polychaeta, Te: Tentaculata.

種の個体数季節変動を示した。

沿岸寄りの Stn. 1 では夏季かなり貧酸素化するものの，底質は粗く波浪等による底層水の動きは活発な地点であると考えられる。ベントスは湿重量，生息密度，種類数のいずれも前述のように5地点のうちでもっとも豊富である。湿重量と生息密度は6～7月の夏季のピークに続き，9～10月には秋季のピークがみとめられ，その後急減して冬季（12～2月）には最低値を示す。他地点にはみられない Stn. 1 での特徴である秋季のピークは *Paraprionospio* sp.（A型）とミズヒキゴカイの多毛類2種の急増に基づく。8～11月の4ヶ月間に限れば両種を合せた湿重量，生息密度はいずれも全体の約⅔を占めている。種類数は6～7月にもっとも豊富で40種を越えるが，7月から8月にかけて急減し20種程度となる。秋～冬季にかけては低水準のまま推移し，春季に至って増加の傾向をみせる。7月から8月にかけての種類数の減少は底層溶存酸素量の急減と一致しており，貧酸素化が種類数減少の原因（矢持・城，1978）であろう。

Stn. 2, 3 では夏季いずれも貧酸素化し，底質は軟泥から成っており，停滞性の海域と考えられる。Stn. 2 における湿重量と生息密度は4～5月に春季のピークをもち，以後急減して8～11月には最低値を示す。その後翌年3月までゆるやかに増加するが，前年4月の水準には遠く及ばない。このように Stn. 2 では1年サイクルの季節変動を示していない。これは夏季に繁殖期をもつ（玉井，印刷中）*Paraprionospio* sp.（A型）の加入状況が年により異なることが原因である。春季のピークは前年の加入に成功した本種が多量に採集されたことに基づく。一方この年の夏季の加入は少なく，これが秋以降ベントスの湿重量と生息密度が低水準のままほとんど回復しなかった原因である。種類数は平均9種（Table 2）と少ないが春～夏季に多く秋季に低下する。Stn. 3 ではベントスは極めて少ない。湿重量，生息密度，種類数はいずれも春～夏季に多く，秋季に少ない。

沖合寄りの砂泥底地点である Stn.4, 5 では夏季の貧酸素化が比較的弱く，底層水の流動は良好である。両地点での湿重量，生息密度，種類数の季節変動はいずれもよく似ており，6～7月に最高値，10～12月に最低値を示す。

大阪湾でのベントスの湿重量，生息密度，種類数は，Stn. 1, 2 の湿重量と生息密度を除いて全て6～7月に最高値を，9～12月に最低値を示す。Stn. 1 の特徴は湿重量と生息密度が夏季に続く秋季のピークを有することであり，また最低値も他地点より遅れ12～2月にみられる。また Stn. 2 では優占種の加入状況に大きな年変動があり，ベントス全体の季節変動が乱されている。

主要種の個体数季節変動はベントス全体と同様夏季に増加する場合が多い（Table 4)。多毛類ケヤリ科の *Euchone* sp. やスピオ科の *Pseudopolydora* sp. はその典型的な例である。そのほか季節変動が比較的小さな種（多毛類ギボシイソメ科の *Lumbrineris longifolia*，カギゴカイ科の *Sigambra tentaculata*）や，秋季に急増する種（*Paraprionospio* sp.（A型)，ミズヒキゴカイ）などがみられる。

4.　調査地点間の類似性

Fig. 4-A に示した星座図にみられるように， Stn. 1 と Stn. 2 の類似性，および Stn. 4 と Stn. 5 の類似性が高い。C_π 指数の値は優占種に強く左右されると予想されるので，採集個体数のもっとも多い *Paraprionospio* sp.（A型）とそれに次ぐ *Euchone* sp. を除いて再計算した（Fig.

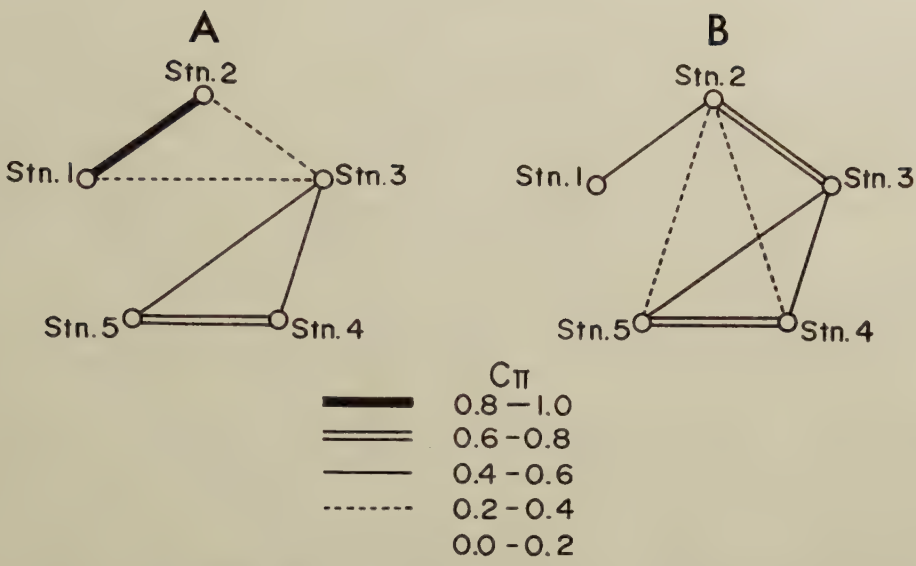


Fig. 4 Constellation diagrams of KIMOTO's Cπ indices of similarity in species composition.
In the left diagram, all the species with abundunce more than 10 individuals are included. In the right diagram, the two most dominant species (*Paraprionospio* sp. (type A) and *Euchone* sp.) are excluded for calculating the indices.

4-B)。この場合 Stn. 4 と Stn. 5 の類似性に変化はみられないが，Stn. 2 は Stn. 1 より Stn. 3 に類似する。すなわち Stn. 2 は Stn. 3と類似したベントス組成にさらに *Paraprionospio* sp.（A型）と *Euchone* sp. の多毛類２種が付け加わったものといえる。

考　　　察

日本ではベントス群集の季節変動は充分に研究されていない。おもな業績は Table 5 に示す13編である。しかしこれらは調査海域，調査頻度，採泥器の種類，一地点あたりの採泥面積，取り扱った動物群などが異なっており，すべての調査を同列に扱うわけにはいかない。年間調査12回以上，一地点あたりの採泥面積 0.1 m²以上で，かつ全動物群を対象とした解析例は本研究のほか，松島湾（谷田・奥田，1956）と天草巴湾（KIKUCHI & TANAKA 1978；菊池，1979）のわずか２例にすぎない。

各海域での調査結果をみると，生息密度や種類数は春～夏季に最大値を，秋～冬季に最小値を示すことが多い。この傾向は夏季の貧酸素化が著しい場合に明瞭である。たとえば1969年と1978～1979年の天草巴湾，湾内東部，中央部（KIKUCHI & TANAKA 1978；菊池，1979）や1978～1979年の播磨灘（讃岐田他，1979，1981）では春から初夏にみられた豊富なベントスが８月以降急減した。一方，貧酸素化がみられない場合，季節変動は不明瞭となる。1953～1954年の松永湾（北森，1963）や1966年（湾内，湾口部）と1978～1979年（湾口，湾外部）の巴湾（KIKUCHI & TANAKA 1978；菊

Table 5 Performance of macrobenthos surveys on seasonal fluctuation in Japan

Locality	Number and duration of surveys	Type and covering area of grab sampler	Number of sumplings or sampling area per station	Sieve mesh size	Covered animal groups	Reference
Mutsu Bay	6 surveys in April 1951 – February 1952	modified Ekman – Birge, —	0.2 m²	—	all animal groups	YAMAMOTO (1952)
Matsushima Bay	24 surveys in December 1952 – December 1954	Ekman Birge, -	3 – 5 samples	1.0 mm	all animal groups	TANITA & OKUDA (1956)
Tokyo Bay	15 surveys in May 1947 – July 1949	modified Ekman – Birge, 270 cm²	1 sample	—	polychaetes	KITAMORI (1950)
Harima-Nada	14 offshore surveys and 12 coast surveys in March 1978 – February 1979	Ekman – Birge, 400 cm²	1 sample	1.0 mm	all animal groups	SANUKIDA *et al.* (1979, 1981)
Matsunaga Bay	12 surveys in April 1953 – March 1954	Ekman – Lenz, 200 cm²	—	1.0 mm	all animal groups	KITAMORI (1963)
Mihara Bay	8 surveys in April 1955 - June 1957	Ekman, —	2 samples	1.0 mm	all animal groups	KITAMORI (1959)
Bingo-Nada	9 surveys in December 1968 · December 1969	Ekman – Birge, 225 cm²	5 samples	0.5 mm	all animal groups except polychaetes	MUKAI (1974)
Tomoe Cove, Amakusa	24 surveys in January 1966 – December 1967	Ekman Birge, 225 cm²	5 samples	1.0 mm	all animal groups	KIKUCHI & TANAKA (1978)
	occasional surveys in January 1968 – June 1970	Ekman – Birge, 225 cm²	10 samples	0.85 mm	all animal groups	ibid.
	15 surveys in April 1978 – March 1979	Ekman – Birge, 400 cm²	4 samples	1.0 mm	all animal groups	KIKUCHI (1979)
Osaka Bay	6 surveys in January – November 1976	Ekman – Birge, 225 cm² or Koken type, 375 cm²	2 samples	—	all animal groups	Osaka Prefectural Fisheries Experimental Station (1977)
	9 surveys in May – October 1977	Ekman – Birge, 225 cm² or Koken type, 375 cm²	2 samples	1.0 mm	all animal groups	YAMOCHI & JO (1978)
	15 surveys in April 1979 – March 1980	Smith – McIntyre, 1000 cm²	2 or 3 samples	1.0 mm	all animal groups	present author

池，1979）はその例である。

上記の季節変動と異なる例も報告されている。陸奥湾を調査した YAMAMOTO（1952）は湿重量，生息密度は8～11月に高く，2～4月に低いと述べ，2年間松島湾を調査した谷田・奥田（1956）は個体数，種類数は冬季多く，夏季少ないと報告した。三原湾を調査した北森（1959）は全域平均の個体数，種類数は3～4月に多く，7～8月に少ないと述べた。

今回調査した大阪湾のベントスの季節変動は調査地点と項目によって異なるが Stn. 3～5 の湿重量と生息密度，および全地点の種類数はいずれも6～7月に最高値，9～12月に最低値を示す。この傾向はすでに述べた他海域でのいくつかの調査結果や，大阪府水産試験場（1977）が1976年に湾東部域で行った調査結果とほぼ一致する。

水深10mの Stn. 1 の湿重量と生息密度は夏季に続いて9～10月にも秋季のピークを持つ。矢持・城（1978）も10m以浅域で同様の現象をみとめている。この秋季のピークは大阪湾10m以浅域にみられる特徴的な現象であり，他海域からの報告例はない。このピークは *Paraprionospio* sp.（A型）とミズヒキゴカイの多毛類2種の増加によるものである。この原因について玉井（印刷中）は両種の繁殖期が貧酸素化に伴うベントスの減少期と一致しており，他種の減少に伴って生じたニッチェの空隙をこれら2種が利用するのではないかとしている。

水深15mの Stn. 2 の湿重量と生息密度は一年サイクルの季節変動を示していない。これは優占種である *Paraprionospio* sp.（A型）の加入状況に年変動があることによる。年によって加入状況が異なる例としては1952～1954年の松島湾湾奥部（谷田・奥田，1956）や1966～1969年の巴湾中央部（KIKUCHI & TANAKA 1978）でのホトトギスガイ *Musculus senhausia* によるものが知られている。

大阪湾のベントスの湿重量，生息密度，種類数には夏季に最大値を，秋～初冬季に最小値を示すという基本的な季節変動がみられる。それが各調査地点の海域環境の特性に応じて多少の変化を受け，それぞれの地点に特有の季節変動が形成されていると考えられる。水温，植物プランクトンの基礎生産量，溶存酸素量など季節的に変化する環境因子がベントスの季節変動を左右しているとすれば，大阪湾と類似したベントスの季節変動が多くの海域で存在していることが期待される。

摘　　　要

1979年4月から1980年3月にかけて富栄養化の著しい大阪湾東部海域の5定点（Stn. 1～5，水深10～39m）で15回の調査を実施し，マクロベントス群集の季節変動について以下の諸点を明らかにした。

1. 湿重量，生息密度，種類数は，Stn. 1. 2 の湿重量と生息密度を除いて全て夏季（6～7月）に最高値を，秋～初冬季（9～12月）に最低値を示す。
2. 夏季貧酸素化し，底層流が比較的強い Stn. 1（水深10m）での季節変動の特徴は，湿重量と生息密度が夏季に続く秋季（9～10月）のピークをもつことである。このピークは秋季増殖型の

2種の多毛類、*Paraprionospio* sp.（A型）とミズヒキゴカイの新規加入によるものである。

3．水深15mの Stn. 2 では，湿重量と生息密度は1年サイクルの季節変動を示していない。これは優占種 *Paraprionospio* sp.（A型）の加入状況に大きな年変動があるためである。

文　　献

DALES, R. P. & WARREN, L. M., 1980 : Survival of hypoxic conditions by the polychaete *Cirriformia tentaculata*. J. mar. biol. Ass. U. K., **60** ; 509-516.

城久・林凱夫・三好礼治，1969：大阪湾の水質，底質ならびに底生動物について．大阪水試研報，No. 1 ；23-45.

――・矢持進・安部恒之，1978：大阪湾における底質汚染の現況とベントスの生息状況について（1975年5月大阪湾底質調査結果）．同誌，No. 5 ；42-58.

KIKUCHI, T. & TANAKA, M., 1978 : Ecological studies on benthic macrofauna in Tomoe Cove, Amakusa. I. Community structure and seasonal change of biomass. Publ. Amakusa Mar. Biol. Lab., **4** ; 189-213.

菊池泰二，1979：内湾におけるベントスの月別現存量と動態の把握．内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究．昭和53年度研究成績報告書；224-233.

KIMOTO, S., 1967 : Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. Esakia, **6** ; 27-54.

北森良之介，1950：東京湾底棲動物の研究，第二報底棲動物の分布並季節的変化．日水誌，**16**；275-280.

――――・小林真一・永田樹三，1959：汚濁水域の底棲動物（Ⅱ）三原湾．内水研報告，No.12；201-214.

――――・船江克美，1959：同上（Ⅲ）大阪湾．同誌，No.12；215-221.

――――，1963：瀬戸内海とその近接水域の沿岸における底生動物群集の漁場学的研究．同誌，No.21；1-90.

――――，1969：東京・大阪・伊勢湾の水質汚濁と底生動物．水処理技術，**10**；15-22.

宮地伝三郎，1938：大阪湾の底棲群聚の定量的研究．海と空，**18**；172-184.

――――，1940：同上（第2報）．日本学術協会報告，**15**；332-334.

MIYADI, D., 1940 : Marine benthic communities of the Osaka-wan. J. Oceanogr, **12** ; 1-15.

MUKAI, H., 1974 : Ecological studies on distribution and production of some benthic animals in the coastal waters of central Inland Sea of Japan. J. Sci. Hiroshima Univ., Ser. B, Div. 1, **25** ; 1-82.

大阪府水産試験場，1977：泉南海域埋立による南大阪湾岸流域下水道南部処理場建設計画に関する環境アセスメント調査報告書（昭和51年度）；62-73.

PEARSON, T. H. & ROSENBERG, R., 1978 : Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev., **16** ; 229-311.

RASMUSSEN, E., 1973 : Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark). Ophelia, **11** ; 1-507.

讃岐田訓・岡本弘子・人見宗男，1979：播磨灘における底生動物群集の季節変化．海洋科学，**11**；664-672.

――――・――――・――――，1981：内湾性指標種の季節変動について．日水誌，**47**；863-869.

玉井恭一・永田樹三，1978：底生生物底質調査．昭和52年度関西国際空港漁業環境影響調査報告第二分冊環境生物編；179-213.

――――，1981a：西日本周辺海域に生息する *Paraprionospio* 属（多毛類：スピオ科）4 type の形態的特徴と分布について．南西水研報，No.13；41-58.

――――，1981b：内湾での溶存態窒素量の把握―Ⅲ　ベントスの定量と動態．内湾底泥をめぐる物質収支の動態解明に関する研究．昭和55年度研究成績報告書；186―192.

――――，1982：大阪湾におけるスピオ科の多毛類 *Paraprionospio* sp.（A型）個体群の季節変動と成長．日水誌，**48**；（印刷中）.

谷田専治・奥田泰造，1957：松島湾の水産資源に関する基礎研究，第4報　水質・底質並に底棲動物の季節遷移．東北水研報，No. 6 ；106-134.

YAMAMOTO, G., 1952 : Seasonal changes of benthonic communities and the succession in the benthos caused by the production of the scallop. Sci. Rep. Tohoku Univ. 4th ser. 19 ; 302-314.

矢持進・城久，1978：貧酸素水塊の出現が泉南沿岸海域の底生生物相に及ぼす影響について．昭和52年度関西国際空港漁業環境影響調査報告第二分冊環境生物編；120-178.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

バテイラ *Omphalius pfeifferi* (PHILIPPI) の生態学的研究

堀川博史・山川　紘*

Ecological Study of *Omphalius pfeifferi* PHILIPPI (Gastropoda : Prosobranchia)

Hiroshi HORIKAWA and Hiroshi YAMAKAWA*

The present study covers three ecological aspects, growth, reproductive cycle, and changes of habitat of Japanese black turban snail, *Omphalius pfeifferi*. The materials were obtained at Kominato, Lat. 35° 07′ N., Long. 140° 11′ E., in 1977 and 1978. The relationship between the size and age of snails was estimated by two methods, inclusive of shell height frequency analysis and examination of tagged snails. Both methods coincidently showed that snails grow to about 10 mm one year after birth. But the height at two years after birth is estimated 20 mm by frequency analysis and 18 mm by tagging. The discrepancy of 2 mm between the estimated averages may be attributed either to the difficulty of frequency analysis due to reduction of the increment or to the underestimate of height by the tagging method based on the limited size range of recaptured snails.

Seasonal change of the gonad index and ovum diameter frequency indicate that snails spawn from early summer to autumn, with two peaks in a spawning season. The minimum size at which snails start to sexually mature was 8 mm in shell height. Almost all individuals are capable of spawning at 14 mm.

Observation by quadrat method reveals expansion of the habitat as snails grow larger. Small individuals, less than 8 mm in shell height, inhabit the bottom of shingles. Large individuals extended the habitat to the surface of boulders and stacks. The habitat changes at the time when sexual maturation takes place at shell heights of 8-14 mm.

バテイラ *Omphalius pfeifferi* (PHILIPPI) は，北海道南岸，本州，四国，九州の潮下帯岩礁域に生息する草食性腹足類である。本種は磯根資源としてかなり重要であるが，成長，産卵といった，その生態に関する基本的研究もほとんど行なわれていない。

生物の各発育段階におけるすみ場所の空間的変化は，多くの動物で広く認められるものであり，

1982年1月11日受理，南西海区水産研究所業績第118号　〒739-04　広島県大野町
住所　南西海区水産研究所高知庁舎，〒780　高知市桟橋通り
*東京水産大学水族生態学講座 (The Laboratory of Ecology, Tokyo University of Fisheries)

近年潮間帯の腹足類についても成長に伴うすみ場所の変化に関する知見が蓄積されつつあるが，潮下帯種については十分な検討が行なわれていない。

本報告では，同種の成長，産卵といった基本的研究とともに，すみ場所の変化についての検討も行った。

材 料 と 方 法

成長，産卵，すみ場所を調べるに当って，いずれも千葉県安房郡天津小湊町にある東京水産大学小湊実験実習場禁漁区で標本を採集した。しかし，調査項目毎に標本の採集場所，採集時期は異っている。

成長　年級群解析を行う目的で1977年７月，1978年１月，1978年７月の６カ月毎３回の調査を行

＊1　Mean High Water Level　＊2　Mean Low Water Level

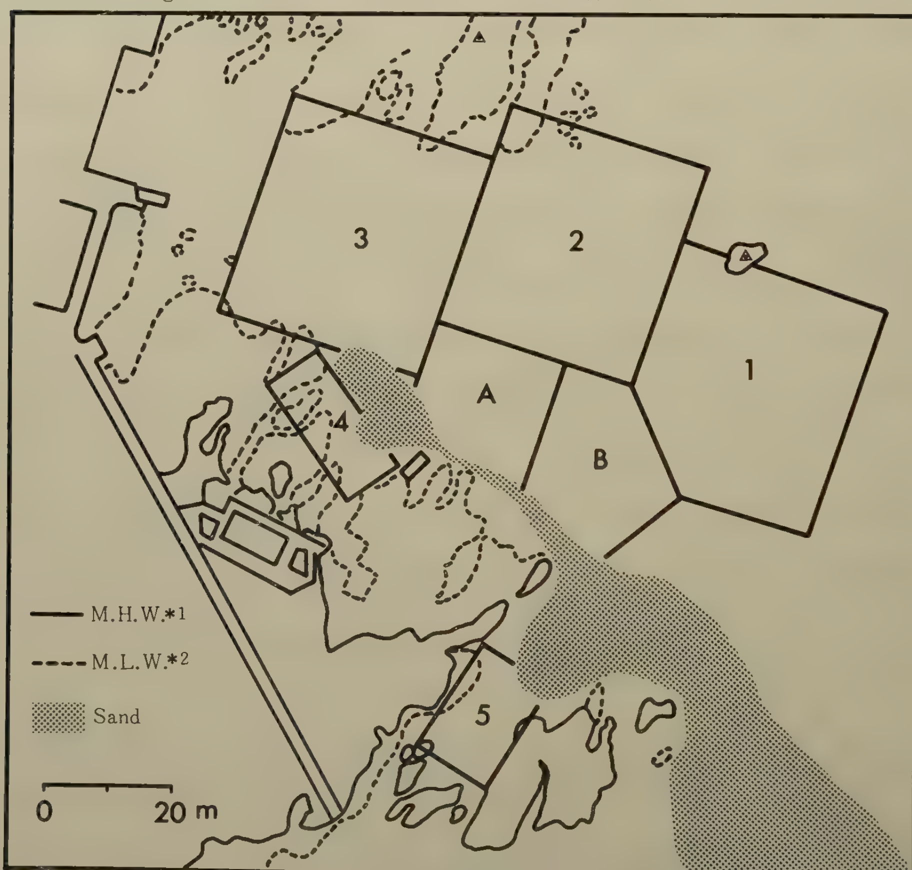


Fig. 1. Division of the place for snail surveys at Kominato, Lat. 35° 07′ N., Long. 140° 11′ E.. Numerals 1 to 5 denote sampling division for size frequency examinations. A and B denote sampling division for examination of gonad and distribution, respectively.

った。調査区は Fig. 1 に示すように第1地区から第5地区まで5地区に区分した。調査区の水深は1～12mで，ガラモ場，カジメ場という植生を含む。底質は岩礁と様々な大きさの転石，礫，砂が混在しており，極めて複雑である。当調査区において SCUBA 潜水を行い，50×50cmの方形枠を任意に置き，枠内の個体をすべて採集した。採集した標本は殻高を測定後，もとの地区内に放流した。これらの結果を用い CASSIE (1954) の方法によって年級群解析を行った。

同地域において，1977年9月1日より10月3日まで，潜水によって採集した個体を使用して標識放流を行い，年級群解析の結果と比較した。各個体は流水水槽中に収容し，順次水槽中より取り出し，殻高を計測後ワイヤーブラシで殻の側面を研磨し，5分間硬化型のエポキシ系樹脂接着剤で標識番号を接着させて矩形のガラス片で封入した (*Plate*)。25分間放置した後，流水水槽中で1～2日間飼育し，異常のないことを確認して放流した。1年後の1978年9月22日から26日にかけて再捕し，その間の成長を調べた。

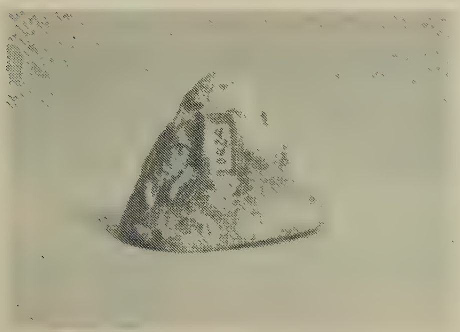


Plate. Photograph of tagged shell.

産卵　供試材料は，Fig. 1 に示すA地区において1977年6月から1978年11月にかけて毎月1回採集した。採集地域は水深3～4mのガラモ場である。採集標本は殻高を測定後，肉質部を取り出して BOUIN 液で固定し，2日後70%エチルアルコール中に移し保存した。固定標本中殻高22.0～25.0mmの雌雄それぞれ10個体を生殖腺成熟度指数および卵径分布測定に使用した。また各個体の生殖腺の一部を用い，常法に従ってパラフィン切片として，MAYER の acid-hamalum-eosin で染色

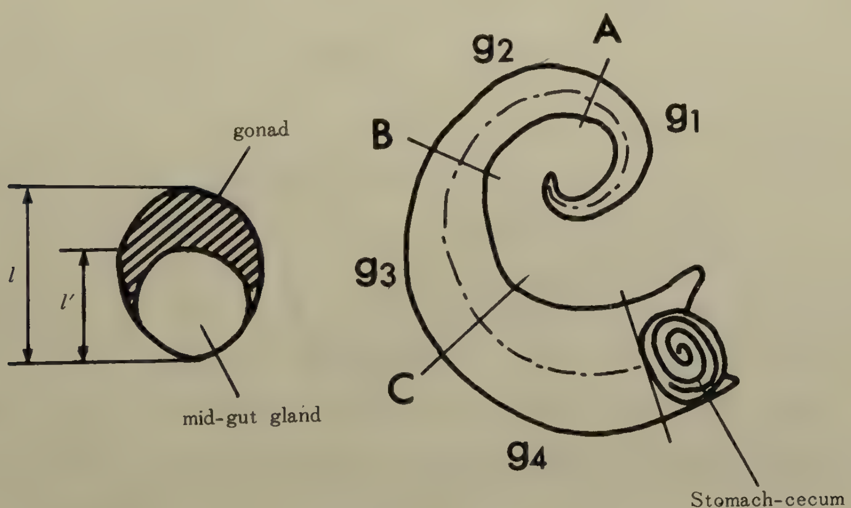


Fig. 2. Schematic presentation of measurement of gonad. Left: a section of body of snail. Shade denotes the gonad covering mid-gut gland. Right: body of a snail to be determined by gonad index. A, B and C denote the sections for measurments. These three sections are spaced equally.

を行った。生殖腺成熟度指数（Gonad Index）は Fig. 2 に示したように，螺線に巻いた生殖腺を先端から胃盲嚢まで g_1，g_2，g_3，g_4，に4等分し，その3断面A，B，Cについて，l，l′ の長さを測定し，それぞれの（l － l′)/l×100 の値の平均値をその個体の生殖腺成熟度指数（ＧＩ）とした。この測定方法は猪野，原田（1961）がクロアワビに用いた方法に準じたものである。ここで同氏等は測定断面を個体の大きさを問わず，生殖腺の先端から後方に1㎝，2㎝，3㎝の位置としているが，これは生殖腺の大きさに従い，比例配分によって測定断面を決定すべきである。従って，今回は生殖腺の長さを測定し，比例配分を行って測定断面の決定を行った。卵径分布は，雌個体の g_3 の部分から卵細胞を採取し，任意に100個の卵細胞の長径を測定することにより求めた。また g_2 の部分を用いて卵の組織学的形状を観察するために組織切片を作製した。一方，1980年9月，同地域において殻高6～14㎜の個体を1㎜毎に30～40個体，殻高15㎜以上の個体は2㎜毎に40個体を採集し，生殖腺の外観から雌雄判別可能な個体の割合を求めた。産卵期内においては，精巣は乳白色，卵巣は灰緑色を呈し，成熟個体では雌雄判別は容易である。

すみ場所　Fig. 1 に示すB地域を調査区として，1978年4月，1978年7月，2回にわたりすみ場所の調査を行った。当地域は水深3～6ｍで，ガラモ場とカジメ場の境界付近に位置しており，岩礁と様々な大きさの転石，礫，砂がモザイク状に配置するといった複雑な様相を呈している。これらを類型化して，バテイラのすみ場所を小転石区，中転石区，大転石区に区分した。小転石区は長径25㎜以下の転石で構成されている範囲，大転石区は長径1ｍ以上の転石および岩礁露頭で構成されている範囲，中転石区は小転石区と大転石区の中間型の範囲として，小転石区は25×25㎝の方形枠を，中転石区および大転石区は50×50㎝の方形枠を置き，その枠内の転石の状況と植生を調査して枠内のバテイラを採集した。採集した個体は流水水槽中に収容し，殻高計測後，もとの区域に放流した。

結　　果

成長　各調査時期毎の殻高組成と Cassie（1954）の方法によって分離した正規分布曲線を Fig. 3 に示す。1977年7月には2群が見出されたが，稚貝の添加は認められない。1978年1月には前記の小型群より小さなモードが含まれ，3群が認められた。1978年7月には1977年7月と異り，3群が分離され，すでに平均殻高2㎜の稚貝の添加が認められた。

標識放流調査では，総計2,568個体を放流し，1年後にその1.05％にあたる27個体を再捕した。再捕されたもののうち，放流から再捕までの日数が365日±15日の19個体を使用し，Walford（1946）の定差図（Fig. 4）を用いて Bertalanffy（1938）の成長式のパラメーターを求めた。これによると，極限殻高 L_∞ は28.9㎜，年成長係数 K は0.46となった。$t_0=0$ と仮定すると

$$L_t=28.9\,(1-e^{-0.46t})$$

という成長式となる。この成長式から計算される各令の殻高は，1令で10.7㎜，2令で17.8㎜，3令で21.9㎜となる。

産卵　生殖腺成熟度指数（ＧＩ）の月別平均値は Fig. 5 に示す通り，雌雄の間でも，年の間で

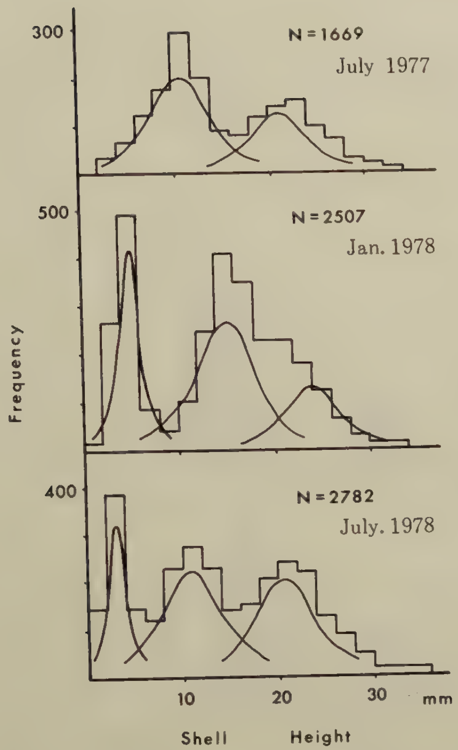


Fig. 3. Size frequency distributions of snails, July 1977, January 1978 and July 1978.

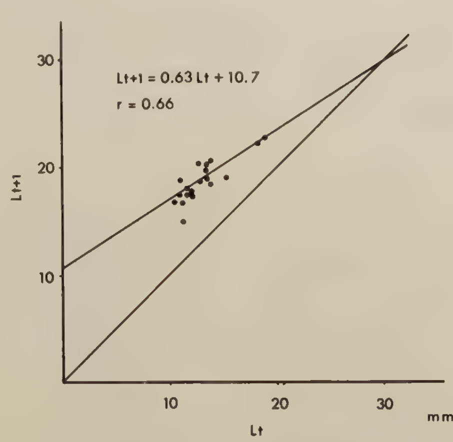


Fig. 4. Walford's plot of growth of snails.

も良く似た季節変化を示している。ただし，年の間で絶対値及び季節変化に多少の差がある。1977年ではＧＩ値は６月から７月にかけて上昇し，約60%に達した。８月に50%に低下した後，９月以降再び上昇し，10月に約70%を記録している。1978年夏には６月に約60%となって，前年に比べて１カ月早く１度目のピークを形成し，７月に値が低下した後，再び増加して

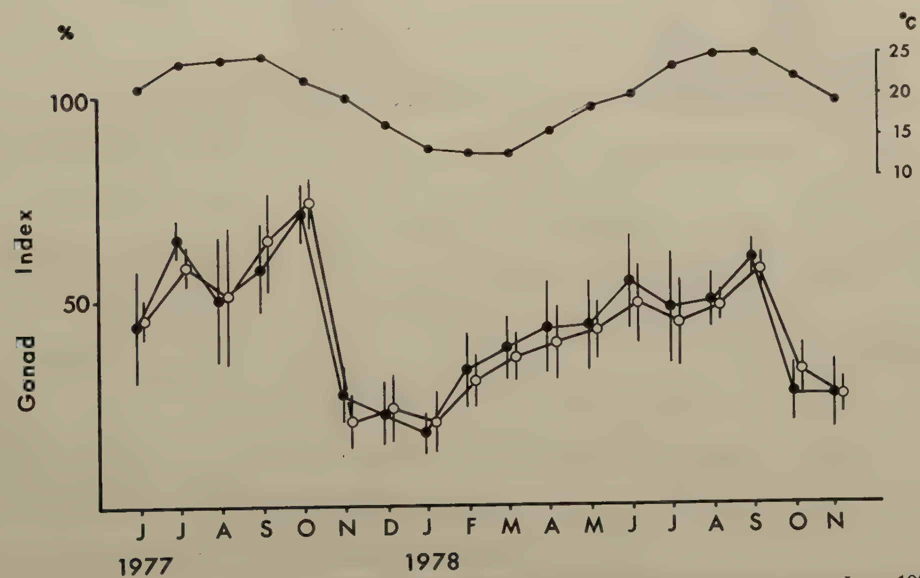


Fig. 5. Monthly means of gonad indices of snails and surface water temperature, June 1977 to November 1978. Open and solid circles denote mean gonad indices of males and females. The vertical bars give standard deviations. Small solid circles denote monthly means of surface water temperature.

9月に最大値60%を示した。

Fig. 6 に示した卵径分布の周年変化を見ると，1977年6月にはすでに150μmを中心とする大型卵細胞が認められた。この時期の組織切片の観察からも hematoxyline に濃染する小型の卵細胞に

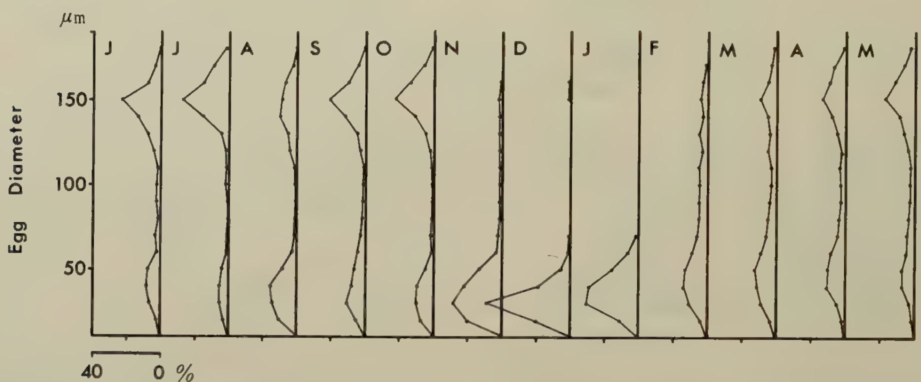


Fig. 6. Monthly diameter frequency of ova of ten female snails, June 1977 to May 1978.

混って，卵黄顆粒と思われる eosin 好染の顆粒状構造をもつような大型卵細胞が多数認められた。7月には更にその割合が増加し，8月に一旦減少した後，G I の増加した9月，10月には再び増加した。大型卵細胞は11月に急激に減少し，12月，1月には50μm 以下の小型卵細胞のみとなった。そして2月から5月にかけて再び大型卵細胞の増加傾向が認められた。この様に大型卵細胞は11月から1月にかけてほとんど消失するが，50μm 以下の小型卵細胞は周年観察された。

性判別可能な個体の割合は Fig. 7 に示す通り，殻高8～13㎜にかけて急激に増加し，殻高14㎜以上になるとすべての個体の雌雄判別が可能となる。

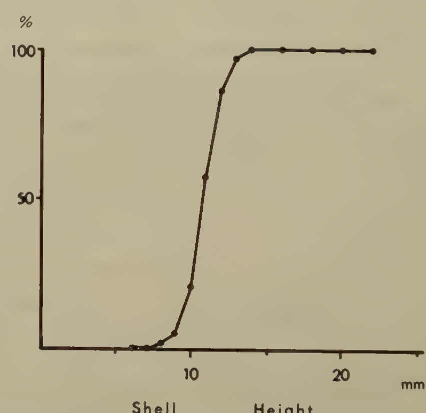


Fig. 7. Ratio of snails identified by sex for different sizes, 6 mm to 22 mm in shell height.

すみ場所 1978年4月，7月における転石の大きさによって区分したすみ場所別の殻高組成を Fig. 8 に示す。4月の小転石区では殻高2～8㎜の個体が大部分を占め，8㎜以上の個体は少ない。殻高8㎜未満の小型個体は転石の側面および下面から採集されることが多く，殻高8㎜以上の個体のほとんどは転石上面より採集された。中転石区では殻高7㎜付近に大きなモードがあるが，10㎜以上の個体も比較的多い。当区においても小型個体は転石の側面や下面に多く，殻高8㎜以上の個体は主に転石上に見られる。大転石区では10㎜以上の個体が大部分を占めている。

7月には，小転石区では4月に比べて殻高2～3㎜の個体の割合が多く，6～9㎜の個体が減少している。8㎜以上の個体は4月同様に少ない。中転石区では2～3㎜の個体の割合が増加し，4

～5㎜の個体の割合が減少している。しかしあまり大きな傾向の変化は認められない。大転石区では4月に少なかった8～12㎜の個体の割合が著しく増加している。

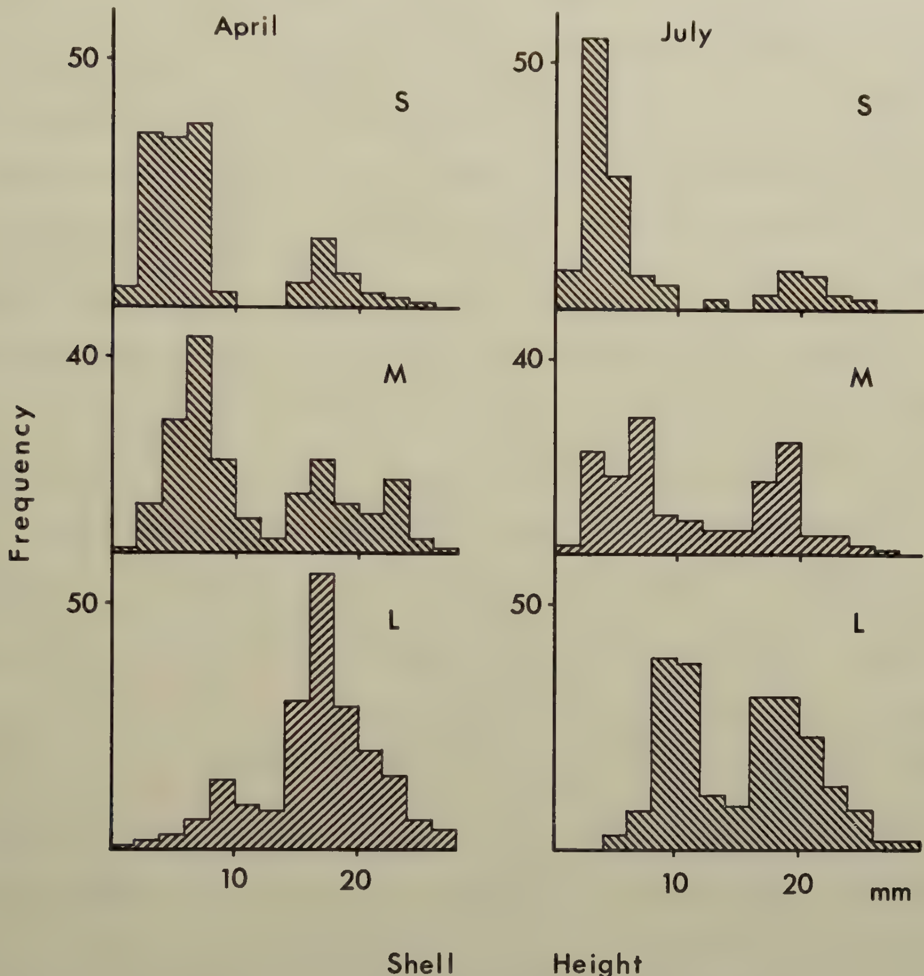


Fig. 8. Size frequency of snails in three habitats differing in size of boulders in there. S, L and M denote size of boulders as small, less than 25cm, large, 100cm or over, and middle, medium of these, in major axis, respectively.

考　　察

成長　年級群解析によると，1977年の第1群および1978年7月の第2群（Fig. 3）の平均殻高は両年ともに10.0㎜である。後述するように，7月は初夏から秋にわたるバテイラの産卵期にあたる。また標識放流調査による結果の1令の殻高10.7㎜ともほぼ一致することから，これらの群は1令群であると考えられる。1978年1月の殻高組成においては3群が分離された。その第2群は1.5令の

群と考えられ，平均殻高は14.4㎜である。1977年7月の第2群および1978年7月の第3群（Fig. 3）の平均殻高はそれぞれ20.2㎜，20.4㎜となり，ほぼ同一であると言って良い。しかし標識放流による2令の殻高は17.8㎜となり，年級群解析の値との間に2.4～2.6㎜の差が生じている。その理由として，まず高令群の分離不能が考えられる。久保，吉原（1977）によると，高令群では成長度の低下に起因して各年級群間の混合比が増大するため，年級群の検出が不可能であると言う。1978年1月の殻高組成からは3群が分離され，その第2群は1.5令の群であると考えられる。その群は6カ月間の成長により1978年7月の第3群に移行したものと考えられるが，ここで標識放流の結果より得られた値との間に差が生じている。これは混合比がより高まったため，群の分離が不能となり，殻高の大きい高令群が混入しているためである可能性が考えられる。また，標識放流調査結果による成長解析では Fig. 4 に示すように1年後に再捕された個体の大半が15～20㎜という狭い範囲に限られているので（Fig. 4），推定値の誤差も無視できない。計算された極限殻高 L_∞ も28.9㎜であるのに，実際には30㎜以上の個体も少数ながら出現している。これらのことから，平均殻高を過小評価した可能性も考えられる。いずれにしろ，2令の殻高は18～22㎜の範囲にあるものと考えられるが，2令以上の成長は今後も検討を要する。

Frank（1965a）は *Tegula funebralis* において殻に現われる休止帯が11月から2月の成長が低下する時期に形成されることから，休止帯が大まかな年令形質として有効であることを示唆した。しかし殻径10㎜付近の小さな個体では休止帯が形成されないか，はっきりしないという事もあわせて指摘している。一方，Paine（1969，1971）は積極的に休止帯の有効性を認め，それを年輪とした。バテイラにおいても殻の成長線に休止帯と思われる模様をもつ個体もあり，2令以上の個体の成長を解析する上でも，今後は年令形質に関する検討も必要となる。

産卵　1977年においては，G I は7月から10月にかけて高い値を推移し，11月に急激に低下する（Fig. 5)。卵径分布（Fig. 7）においては，6月にすでに 150μm を中心とした大型母細胞が相当数出現している。この時期，組織切片の観察から卵黄蓄積の可能性が示された。それらの卵は質的にも成熟度の高い卵細胞であると考えられる。卵径分布におけるこの様な大型卵細胞の多数の出現は8月を除き10月まで維持される。そして11月には大型卵細胞は消失し，50μm 以下の小型卵細胞のみとなる。G I 値はここに示した卵径分布とほぼ同じ季節変化を示しており，測定が容易な前者によって生殖腺の状態を代表させることができる。Fig. 7 に示した通り，殻高14㎜以上の個体は成熟していると考えられ，Fig. 3 の1977年7月の第2群，1978年7月の第3群は産卵可能である。つまり，殻高22.0～25.0㎜の標本は産卵の主群に対応している。従って，1977年の産卵期は6，7月から11月，1978年では5，6月から10月の範囲にあると推定される。

アメリカ合衆国ワシントン州におけるバテイラの近縁種 *Tegula funebralis* の産卵期は5月から9月であり（Paine 1969），やはり初夏から秋にわたる。バテイラと同じニシキウズガイ科 *Trochidae* に属するイシダタミガイ *Monodonta labio*（Linne）について，澄川（1958，1963）は，博多湾では9，10月に放卵放精が起ると報告している。アワビ類はバテイラと同じ原始腹足目 *Archaeogastropoda* に属しているが，本研究の調査域と同じ千葉県房総半島付近での産卵期に関して幾つかの報告がある。大場（1964）は房総半島館山湾産トコブシ *Sulculus diversicolor aquatilis*

(REEVE)* が6月から11月の間に産卵すると報告している。奥野他（1978）は小湊沿岸においてトコブシの産卵期を大場（1964）と同様に6月から11月としているが，配偶子の出現状況から盛期は9月から10月であるとしている。

バテイラもトコブシ同様に産卵期が5，6カ月間と長期間にまたがっている。しかしバテイラでは Fig. 5 に示した通り上昇したＧＩ値が一旦低下し，再び上昇するという現象が認められた。1977年では，7月から10月，1978年では6月から9月にかけてその変化が現われている。ＧＩ値の低下時には標準偏差も増加している。卵径分布の季節変化（Fig. 6）においては，1977年8月に150μm を中心とした大型卵細胞の割合が一旦減少し，この変化がＧＩ値の低下を引き起していると考えられる。従ってＧＩ値の一旦低下する時期に個体群の一部において産卵が行なわれた可能性があり，5，6カ月間にわたる産卵期の範囲内において，盛期が2度存在するのではないかと考えられる。

産卵盛期が2度あるという現象は，他の原始腹足類でも知られている。茨城県産のクロアワビでは，11～12月の主産卵期の他に，4～5月にもある程度産卵があり得る（猪野，原田1961）と言われている。南アフリカ産の*Haliotis midae* に関しては11～12月と3～4月の年2回産卵することが認められている（NEWMAN 1976)。ニュージーランド産のアワビ類のうち，*Haliotis australis* は春と晩秋の2度産卵する（POORE 1973)。隆島他（1978）が示した伊豆大島産のフクトコブシ *Sulculus diversicolor diversicolor*（REEVE）の生殖巣成熟の図表からは，成熟度の高い卵細胞が6月に相当数出現し，7，8月に消失して再び10月に高い割合で出現したことが読み取れる。同氏等は，この現象に言及していないが，筆者等は，その現象が卵の再吸収だけでなく産卵のための可能性もあると考える。この様にバテイラの属する原始腹足目 *Archaeogastropoda* では，産卵盛期が2回もしくは多回存在するということは，特異な現象ではない。

すみ場所　Fig. 8 の4月の各転石区の殻高組成から，8㎜未満の個体は中小転石区に偏って分布していることが明らかとなった。特に小転石区には，より小さな個体の分布が認められる。しかし大転石区においては8㎜未満の個体はほとんど分布せず，14㎜以上の個体が大部分である。この様な小型個体が欠除している大転石区の殻高組成が維持されるとすれば，他の区域からの移入がなければならない。Fig. 8 の7月の大転石区の殻高組成においては，8～12㎜の個体が著しく増加し，ひとつの明瞭な群を形成している。これは他の区域からの移入群であると推定される。これらのことから，バテイラは4月から7月にかけて，殻高8～12㎜になる頃，中，小転石区より大転石区へ移入するものと考えられる。しかし中，小転石区においても，少なからず大型個体の分布も認められることから，中，小転石区から大転石区への一方的移動と考えるより，いままで分布していなかった大転石表面へ生活域を拡大すると解釈すべきである。

海産腹足類中，*Acmaea digitalis* (FRANK 1965b), *Littorina littorea* (SHITH and NEWELL 1955) で成長に伴うすみ場所の変化が報告されている。また，PAINE（1969）によると，バテイラの近縁種 *Tegula funebralis* は潮間帯高位から低位への成長によるすみ場所の変化を行うと言う。*Tegula funebralis* は比較的捕食者の影響を受けない潮間帯高位で性的成熟年令（6令）まで過し，それから低位へ移動する。Fig. 7 に示すように，バテイラにおいて，すみ場所の変化が起る8～12㎜は

*大場（1964）はトコブシに *Haliotis diversicolor supertexta* をあてているが，ここでは奥野他（1978）と同じ学名を用いた。

性的成熟の過渡期に対応している。また成長解析の結果を考え合わせると，生活域の拡大を起すのは Fig. 3 の1977年7月の第1群および1978年1月の第2群といった満1令の群であると考えられる。この様に潮下帯種であるバテイラと潮間帯種である *Tegula funebralis* との間には，生息環境を異にしながらも共通の生態学的特性が認められる。バテイラと同じ潮下帯岩礁域に生息するアワビ類のすみ場所の変化に関しては，宇野（1967），小島（1974）が，当歳貝の秋から1歳貝初期にかけての移動は成長に伴う栄養要求の増大を保障する必要性と関係あろうとしているが，成熟現象との関係に対しては言及していない。

バテイラと *Tegula furebralis* に関しては，分布の維持機構はふたつの過程に分別できる。ひとつは小型個体の分布の維持機構，もうひとつは大型個体の分布の維持機構である。大型個体の分布に関しては，ある一定の大きさの個体が他の場所から移入してくるということで維持されるということが明らかにされた。しかしバテイラにおいては小型個体が中，小転石区に偏って分布すること，*Tegula funebralis* においては小型個体が潮間帯高位にのみ分布することが，どの様な機構によって維持されているのかは本研究では解明できず，小型個体の分布の維持機構は今後に残された問題である。

摘　　　要

本研究は千葉県小湊沿岸に生息する海産腹足類バテイラ *Omphalius pfeifferi*（PHILIPPI）の成長，産卵周期，すみ場所の変化といった，最も基本的な生態学的特性を明らかにする目的で行なわれた。

1. 6カ月毎3回の枠法による採集標本を用いて，CASSIE（1954）の方法により年級群解析を行うと同時に，標識放流による1年後の成長結果を BERTALANFFY の成長式にあてはめて成長解析を行った。両方法の検討から，1年目には殻高10㎜前後，2年目には殻高20㎜（18～22㎜）前後になるものと判断した。しかし2年目以降の殻高と年令との関係については，今後も検討を要する。

2. 成熟度指数の周年変化および卵巣中の卵径分布の周年変化から，バテイラの産卵期は初夏から秋にかけてであると推定される。また，産卵期内において産卵の盛期が2度存在する可能性が示された。

3. 生殖腺の外観から，殻高別の雌雄判別可能な個体の割合の変化を調査した結果，殻高8～13㎜にかけて急激に雌雄判別可能な個体の割合が増加し，14㎜以上の個体はすべて雌雄判別可能であった。

4. 転石の大きさと，バテイラの分布との関係について調査を行った結果，長径1m未満の転石よりなる地域に偏って分布していた小型個体は，4月から7月にかけて殻高8～12㎜となる頃，長径1m以上の転石表面や岩礁露頭へ生活域を拡大するものと考えられる。前述の結果から，それらは性的成熟の過渡期にある満1令の個体であると推定される。

謝　　　辞

本研究の発表の機会を与えていただいた関係各位に感謝すると共に，ご指導，ご校閲をいただいた東京水産大学宇野寛教授に深謝する。また，校閲をわずらわれた南西海区水産研究所尾形哲男外海資源部長，同第２研究室工藤晋二室長，同通山正弘主任研究官に感謝する。本研究の調査地である東京水産大学小湊実験場の職員ならびに学生の方々には，一方ならぬご協力をいただいたことを記し，謝意を表する。

文　　　献

Cassie, R. M. 1954 : Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distributions. Aust. J. Mar. Freshwater Res. **5**, 513 522.

FRANK, P. W., 1965a : Shell growth in a natural population of the turban snail, *Tegula funebralis*. Growth, **29**, 395-403.

———, 1965b : The biodemography of an intertidal snail population. Ecology, **46**(6), 831-844.

猪野　峻・原田和民，1961：茨城県に於けるアワビ産卵期．東海水研報，**31**：275—281．

小島　博，1974：徳島県海部郡におけるクロアワビ稚貝の"すみ場"について．ミチューリン生物学研究，**10**(6)：155—160．

久保伊津男・吉原友吉，1977：水産資源学，改訂版，482pp.，共立出版，東京．

NEWMAN, G. G., 1967 : Reproduction of the South African abalone *Haliotis midae*. Investl Rep. Div. Sea Fish. S. Afr., **64**, 1-24.

大場俊雄，1964：トコブシ増殖に関する基礎的研究—Ⅰ．産卵習性について．日水誌，**30**：742—748．

奥野　勝・隆島史夫・山川　紘，1978：トコブシの生殖巣成熟に関する組織学的研究．東京水産大研報，**65**(1)：9—14．

PAINE, R. T., 1969 : The Piaster Tegula interaction : prey patches, predator food preferance and intertidal community structure. Ecology **50**, 950 961.

———, 1971 : Energy flow in a natural population of the herbivorous gastropoda *Tegula funebralis*. Limnol. Oceanogr., **16**, 86-98.

POORE, G. C., 1973 : Ecology of the New Zealand abalones, Haliotis species (Mollusca : Gastropoda). 4. Reproduction. N. Z. J. mar. Freshwat. Res., **7**, 67-84.

SMITH, J. E., and G. E. NEWELL, 1955 : The dynamics of the zonation of the common periwinkle (*Littorina littorea*) on a rocky beach. J. Anim. Ecol., **24**, 35-56.

澄川精吾，1958：イシダタミの生殖腺の季節変化，特に卵巣の変化について．生活科学，**4**(5)：１—５．

———，1963：有用貝類数種の比較生理生態学的研究．Ⅰ．生殖の季節的変化に関する組織学的研究．生活科学，**6**(1)：11—49．

隆島史夫・奥野　勝・西村和久・野村　稔，1978：フクトコブシの生殖巣成熟に関する組織学的研究．東京水産大研報，**65**(1)：１—８．

宇野　寛，1967：アワビ類の増殖に関する生態学的諸問題．うみ，**5**(1)：37—40．

VON BERTALANFFY, L. 1938 : A quantitative theory of organic growth. Human Biology, **10**(2), 181-213.

WALFORD, L. A. 1946 : A new graphic method of describing the growth of animals. Biol. Bull. **90**(2), 141-147.

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

土佐湾の砂泥性，浮遊性エビ類とその分布

通山正弘・林　健一*

Fauna and Distribution of Pelagic and Benthic Shrimps and Lobsters in the Tosa Bay Exclusive of Rocky Zone

Masahiro TORIYAMA and Ken-Ichi HAYASHI*

The Tosa Bay is an open water located at the southern Shikoku Island. Shrimps and Lobsters were collected from the bay by bottom trawlnets on board of research vessels and chartered fishing boats. Surface tows of larva nets also provided the materials of pelagic species.

A total of 107 species including six unidentified species are found from Tosa Bay at the depths varying from the surface to about 1,000 m. They comprise five families, 19 genera and 47 species of Penaeidea, 13 families, 28 genera and 50 species of Caridea, two families, three genera and five species of Astacidea and three families, four genera and five species of Palinura. Eleven species, three of Penaeidea, seven of Caridea and a Palinura appear probable new records to the Japanese fauna.

Zoogeographically, only five species belong to the northern genera, and eleven species of the pelagic or bathyal distribution are reported from both the Atlantic and Indo-West Pacific regions. The remaining species are widely distributed the Indo-West Pacific region, though 13 species are known only from the Japanese and Korean waters.

The extensive sampling reveals six groups (A－F) of common species distributed in different depths. About ten species of group A occur the coastal waters, shallower than 40 m. Seven species of group B inhabit the waters extending from 20 to 80 m in depth, while the group C from 40 to 100m depth contains nine species, and six species belong to group D from 80 to 250 m depth. The other two groups E and F represent "deep sea shrimps". The group E from 250-500 m depth contains eight species and the group F from depths of 500 to 1,000 m or more six red or scarlet shrimps, which are found in very low density. There are many commercially important species belonging to the groups A to E and they serve as the indicators of the respective depths.

The vertical grouping coincides with the ecological subdivisions of the ocean floor. The

1982年1月11日受理，南西海区水産研究所業績　第119号，〒739-04　広島県大野町
住所　南西海区水産研究所高知庁舎　〒780　高知市桟橋通り
*水産大学校 (Shimonoseki University of Fisheries)

group A lives in the upper littoral zone. The lower littoral zone comprises the groups B, C and D which more or less overlap each other. The group E is referred to the upper bathyal and the group F to the middle bathyal zone. All the 107 species are classified into these four zones of the Tosa Bay, 31 species in the upper littoral zone, 31 species in the lower littoral zone, 22 species in the upper bathyal zone and 23 species in the middle bathyal zone.

土佐湾は東に室戸岬，西に足摺岬が太平洋に突出し，湾口にあたる両岬の直線距離は約66海里におよぶ開けた外洋性海湾である。陸棚は両岬沖で狭く湾中央部で広い。桂浜沖磁針方位160°沖合の海底地形の断面は，距岸20km，水深135 mでは6/1,000の勾配でほとんど平坦であるが，距岸25 km，水深180 m付近では勾配が11〜22/1,000を示し，これより沖合の水深180—400 mでは勾配34—50/1,000の急斜面である（通山他，1976）。水深200 m以深の陸棚外縁域には大小の海谷群が存在する。

この複雑な海底に分布するエビ類を対象に水深80m以浅の沿岸域では小型底びき網漁業，その沖合では1そうびき中型底びき網漁業が操業し，1975年から1979年に至る最近5年間に1,920トンの漁獲をあげている。漁業にとって重要なこれらエビ類に関しては，80m以浅の浅海域から池本他（1980），200m以深から安田他（1962）が合計58種を記載しているに過ぎず，未記載の種が多いと考えられてきた。土佐湾における水深帯別の種組成と分布様式の把握は，和歌山から鹿児島近海のエビ類資源の評価のみでなく，太平洋中・北区水域における地理的分布を比較するためにも重要である。

筆者らは南西海区水産研究所が実施している底魚資源調査の一環として土佐湾で採集されたエビ類を同定して検討を加えた。

本研究を進めるにあたり終始ご指導をいただいた南西海区水産研究所外海資源部尾形哲男部長，同部第2研究室工藤晋二室長ならびに原稿を校閲していただいた同研究所林　繁一企画連絡室長に対し厚くお礼を申し上げる。また調査に当られた開洋丸陣野哲郎船長・こたか丸日高　覚船長・第2麴洋丸山根保助漁撈長ほか乗組員の方々，およびみませ漁業協同組合所属の小型底びき網漁船銀洋丸山下　泉船長に対して深い感謝の意を表する。

資料と方法

調査水域は高知市桂浜から土佐海盆に至る土佐湾のほぼ中央部である（Fig. 1）。この研究に用いたエビ類は小型底びき網漁船銀洋丸（3.93トン），漁業調査船こたか丸（47.48トン），漁業調査船開洋丸（2,539.48トン），北転船第2麴洋丸（349.8トン）の調査航海で採集された（Table 1）。

漁船銀洋丸は1972年11月から1979年3月までの間，Fig. 1 にAで示す水深80m以浅の漁場で，両袖網間隔7 mのビームトロール網を夜間31回，昼間57回操業した。調査船こたか丸は1973年1月から1980年12月の間に Fig. 1 にBで示す350m以浅の水域で，両袖網間隔5 mのビームトロール網を

35回，オッタートロール網を27回，いずれも昼間に操業した。調査船開洋丸は1975年1月25・26日の昼間に，Fig. 1のT．1（水深615m），T．2（水深1,043m），T．3（水深945m）で，それぞれ1回オッタートロール網を操業した。北転船第2麹洋丸は1979年12月20・21日の昼間に Fig. 1 にS．1—5で示す水深300—700mの5地点で両袖網間隔11mのビームトロール網を曳網した。浮遊性のユメエビ属3種は1973年12月16日に Fig. 1 のAに当る水深10mの表層で，漁船銀洋丸の㋠ネットで採集した。

Fig. 1 に操業地点は示さなかったが，海洋水産資源開発センター（1972）が1972年5—8月に土佐湾で実施した底びき網企業化試験の時，並びに高知市みませ魚市場でも標本を採集した。また分布域の水温の検討には，こたか丸が1969年1—10月に観測した資料並びに1975年に開洋丸が行った調査資料（小西他，1979）も用いた。

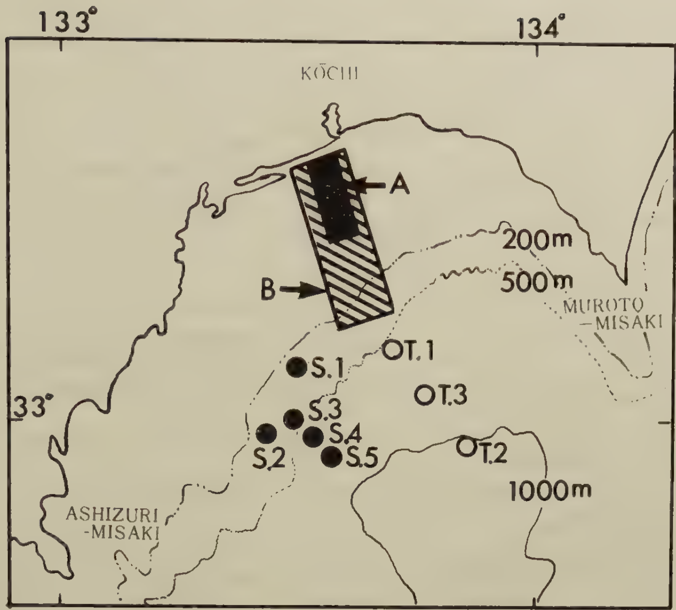


Fig. 1 Map showing research areas and stations in the Tosa Bay. Black quadrate A and hatched quadrate B denote areas surveyed by a fishing boat, GINYO MARU, and by the R. V. KOTAKA MARU, respectively. Open circles with T figures and closed circles with S figures denote observational stations covered by R. V. KAIYO MARU and a fishing boat, KYOYO MARU No. 2, respectively.

エビ類の主分布域である350m以浅における豊度は，底びき網掃過面積10,000m²当り漁獲量をgで求めた。その際水深を0—20m，20—40m，40—60m，60—80m，80—100m，100—150m，150—250m，250—350m深の8層に分けた。豊度については10,000m²当り漁獲量がいずれの層でも1g以上の種のみを取扱った。350m以深では採集回数が少なく，採集量を豊度に換算しなかった。

結　　果

1．出 現 種

今回の研究では総計107種におよぶエビ類を記録した。しかし標本は主として底びき網の漁獲物であって，大部分は砂質，または砂泥質の海底にすむエビ類であり，岩礁域に分布する種はまったく含まれていない。

亜目別にみると根鰓亜目のクルマエビ下目に5科19属47種，抱卵亜目のコエビ下目に13科28属50

Table 1 Outline of materials.

Vessel or sampling place	Depth	Gear	Date	Oceanographical observation
F. V. Ginyo-Maru, 3.93 ton (Area A in Fig. 1)	Shallow water up to 80 m	Beam trawl wing opening of 7 m, 31 hauls in night, 57 hauls in daytime.	Nov. 1972 — Mar. 1979	Depth
	Shallow water up to 10 m	Larva net	Dec. 16, 1973	Depth
R. V. Kotaka-Maru, 47.48 ton (Area B in Fig. 1)	Shallow water up to 350 m	Beam trawl wing opening of 5 m, 35 hauls in daytime. Otter trawl 27 hauls in daytime.	Jan. 1973 — Dec. 1980	Depth and temperature
R. V. Kaiyo-Maru, 2,539.48 ton (T. 1-3 in Fig. 1)	615—1,043 m	Otter trawl	Jan. 25—26, 1975	Depth and temperature
F.V. No. 2 Kyoyo-Maru, 349.8 ton (S. 1-5 in Fig. 1)	300—700 m	Beam trawl wing opening of 11 m	Dec. 20—21, 1979	Depth
F. V. No. 25 Kinko-Maru 64.33 ton F. V. No. 26 Kinko-Maru, 64.48 ton	400—600 m	Two boats trawl	May—Aug. 1972	Depth
Mimase Fish Market	—	Trawls	Jan. 1975 — Aug. 1981	

種，ザリガニ下目に2科3属5種，イセエビ下目に3科4属5種となっている。このうちクルマエビ下目の3種（マルソコチヒロエビ・オオミツトゲチヒロエビ・ソリハシヒメクダヒゲエビ），コエビ下目の7種（スカシモエビ・トゲイトアシエビ・ウスバイトアシエビ・マルゴシミノエビ・ウスバジンケンエビ・トゲジンケンエビ・コモンサンゴエビ），イセエビ下目の1種（ヒメセンジュエビ）は日本新記録種である。

出現種の学名と和名は次のとおりである。このうち新記録種は11種，新称は31種で，それぞれ*，**を付してある。また*Hadropenaeus* sp., *Sergia* sp., *Lebbeus* sp., *Pandalopsis* sp., *Parapandalus* sp., *Plesionika* sp. の分類学的位置は未確定であり今後検討する。

エビ類目録

Decapoda　十脚目

Dendrobranchiata　根鰓亜目

Penaeidea　クルマエビ下目

Penaeoidea　クルマエビ上科

Aristeidae チヒロエビ科

	1	*Aristeomorpha foliacea* (RISSO)	ツノナガチヒロエビ
	2	*Aristeus virilis* (BATE)	ヒカリチヒロエビ
	3	*Benthesicymus altus* BATE	ソコチヒロエビ
*	4	*Benthesicymus investigatoris* ALCOCK and ANDERSON	** マルソコチヒロエビ
*	5	*Plesiopenaeus edwardsianus* (JOHNSON)	** オオミツトゲチヒロエビ

Penaeidae クルマエビ科

	6	*Atypopenaeus stenodactylus* (STIMPSON)	マイマイエビ
	7	*Metapenaeopsis acclivis* (RATHBUN)	トラエビ
	8	*Metapenaeopsis andamanensis* (WOOD MASON)	** ミナミシロエビ
	9	*Metapenaeopsis barbata* (DE HAAN)	アカエビ
	10	*Metapenaeopsis dalei* (RATHBUN)	キシエビ
	11	*Metapenaeopsis dura* KUBO	** ツノソリアカエビ
	12	*Metapenaeopsis lata* KUBO	** シロエビ
	13	*Metapenaeopsis palmensis* (HASWELL)	ミナミアカエビ
	14	*Metapenaeus ensis* (DE HAAN)	ヨシエビ
	15	*Metapenaeus intermedius* (KISHINOUYE)	トサエビ
	16	*Metapenaeus moyebi* (KISHINOUYE)	モエビ
	17	*Parapenaeopsis cornuta* (KISHINOUYE)	チクゴエビ
	18	*Parapenaeopsis tenella* (BATE)	スベスベエビ
	19	*Parapenaeus fissurus* (BATE)	サケエビ
	20	*Parapenaeus lanceolatus* KUBO	トゲサケエビ
	21	*Parapenaeus longipes* ALCOCK	アシナガサケエビ
	22	*Parapenaeus sextuberculatus* KUBO	** ムツハサケエビ
	23	*Penaeopsis eduardoi* PÉREZ FARFANTE	ベニガラエビ
	24	*Penaeus* (*Marsupenaeus*) *japonicus* BATE	クルマエビ
	25	*Penaeus* (*Melicertus*) *latisulcatus* KISHINOUYE	フトミゾエビ
	26	*Penaeus* (*Melicertus*) *marginatus* RANDALL	テラオクルマ
	27	*Penaeus* (*Penaeus*) *monodon* FABRICIUS	ウシエビ
	28	*Penaeus* (*Penaeus*) *semisulcatus* DE HAAN	クマエビ
	29	*Trachypenaeus albicomus* HAYASHI and TORIYAMA	シラガサルエビ
	30	*Trachypenaeus curvirostris* (STIMPSON)	サルエビ
	31	*Trachypenaeus longipes* (PAULSON)	オキサルエビ

Sicyonidae イシエビ科

	32	*Sicyonia cristata* (DE HAAN)	イシエビ
	33	*Sicyonia curvirostris* BALSS	サルイシエビ

34 *Sicyonia inflexa* (KUBO) シンカイイシエビ
35 *Sicyonia japonica* BALSS ヤマトイシエビ
Solenoceridae クダヒゲエビ科
36 *Hadropenaeus lucasii* (BATE) ** コワクダヒゲエビ
37 *Hadropenaeus* sp. (コワクダヒゲエビ属の1種)
38 *Haliporoides sibogae* (DE MAN) ヒゲナガエビ
* 39 *Hymenopenaeus obliquirostris* (BATE) ** ソリハシヒメクダヒゲエビ
40 *Solenocera choprai* NATARAJ コウダカクダヒゲエビ
41 *Solenocera koelbeli* DE MAN ヒゲナガクダヒゲエビ
42 *Solenocera melantho* DE MAN ** ナミクダヒゲエビ
Sergestoidea サクラエビ上科
Sergestidae サクラエビ科
Luciferinae ユメエビ亜科
43 *Lucifer hanseni* NOBILI ** ハンセンユメエビ
44 *Lucifer intermedius* HANSEN ** トガリユメエビ
45 *Lucifer penicillifer* HANSEN ** コブユメエビ
Sergestinae サクラエビ亜科
46 *Sergia prehensilis* BATE ** ベニサクラエビ
47 *Sergia* sp. (サクラエビ属の1種)
Pleocyemata 抱卵亜目
Caridea コエビ下目
Alpheoidea テッポウエビ上科
Alpheidae テッポウエビ科
48 *Alpehus bisincisus* DE HAAN フタミゾテッポウエビ
49 *Alpehus brevicristatus* DE HAAN テッポウエビ
50 *Alpehus distinguendus* DE MAN オニテッポウエビ
51 *Alpehus haanii* ORTMANN ** ハーンテッポウエビ
52 *Alpehus japonicus* MIERS テナガテッポウエビ
Hippolytidae モエビ科
53 *Latreutes planirostris* (DE HAAN) ヒラツノモエビ
54 *Lebbeus* sp. (イバラエビ属の1種)
55 *Lysmata* (*Hippolysmata*) vittata (STIMPSON) アカシマモエビ
* 56 *Lysmata* (*Lysmatella*) *prima* (BORRADAILE) ** スカシモエビ
Ogyrididae ツノメエビ科
57 *Ogyrides striaticauda* KEMP モヨウツノメ
Processidae ローソクエビ科

58 *Nikoides sibogae* De Man		ミナミローソクエビ
59 *Processa japonica* (De Haan)		ローソクエビ
60 *Processa kotiensis* (Yokoya)		コーチローソクエビ
Bresilioidea	ミカワエビ上科	
Eugonatonotidae	ミカワエビ科	
61 *Eugonatonotus crassus* (A. Milne Edwards)		ミカワエビ
Crangonoidea	エビジャコ上科	
Crangonidae	エビジャコ科	
62 *Crangon affinis* De Haan		エビジャコ
63 *Crangon sagamiense* Balss		ソコエビジャコ
64 *Pontocaris habereri* Doflein		** イワエビ
65 *Pontocaris pennata* Bate		グソクエビ
66 *Pontophilus incisus* Kemp		** キシエビジャコ
Glyphocrangonidae	トゲヒラタエビ科	
67 *Glyphocrangon hastacauda* Bate		** トゲヒラタエビ
Oplophoroidea	ヒオドシエビ上科	
Oplophoridae	ヒオドシエビ科	
68 *Acanthephyra eximia* Smith		トゲヒオドシエビ
69 *Oplophorus spinosus* (Brullé)		** オキヒオドシエビ
Nematocarcinidae	イトアシエビ科	
* 70 *Nematocarcinus cursor* A. Milne Edwards		** トゲイトアシエビ
* 71 *Nematocarcinus paucidentatus* Bate		** ウスバイトアシエビ
Palaemonoidea	テナガエビ上科	
Palaemonidae	テナガエビ科	
Pontoniinae	カクレエビ亜科	
72 *Periclimenes tosaensis* Kubo		トサカクレエビ
Pandaloidea	タラバエビ上科	
Pandalidae	タラバエビ科	
73 *Chlorotocella gracilis* Bate		クラゲエビ
74 *Chlorotocus incertus* Bate		サヨエビ
75 *Heterocarpoides levicarina* (Bate)		ベニエビ
76 *Heterocarpus dorsalis* Bate		** トゲミノエビ
77 *Heterocarpus ensifer* A. Milne Edwards		アカモンミノエビ
* 78 *Heterocarpus laevigatus* Bate		** マルゴシミノエビ
79 *Heterocarpus sibogae* De Man		ミノエビ
80 *Pandalopsis* sp.		(モロトゲアカエビ属の1種)

	81 *Pandalus nipponensis* YOKOYA	ボタンエビ
	82 *Parapandalus spinipes* (BATE)	オキノスジエビ
	83 *Parapandalus* sp.	(オキノスジエビ属の1種)
*	84 *Plesionika alcocki* (ANDERSON)	** ウスバジンケンエビ
	85 *Plesionika binoculus* (BATE)	オキノアカモンエビ
*	86 *Plesionika ensis* (A. MILNE EDWARDS)	** トゲジンケンエビ
	87 *Plesionika izumiae* OMORI	イズミエビ
	88 *Plesionika martia* (A. MILNE EDWARDS)	ジンケンエビ
	89 *Plesionika ortmanni* DOFLEIN	** ハクセンエビ
	90 *Plesionika unidens* BATE	** コブジンケンエビ
	91 *Plesionika* sp.	(ジンケンエビ属の1種)
	92 *Leptochela gracilis* STIMPSON	ソコシラエビ
	93 *Leptochela sydniensis* DAKIN and COLEFAX	マルソコシラエビ
	94 *Pasiphaea amplidens* BATE	** ツノシラエビ
	95 *Pasiphaea sinensis* HAYASHI and MIYAKE	** オキシラエビ

Psalidopodoidea　イガグリエビ上科

Psalidopodidae　イガグリエビ科

	96 *Psalidopus huxleyi* WOOD MASON and ALCOCK	イガグリエビ

Stylodactyloidea　サンゴエビ上科

Stylodactylidae　サンゴエビ科

*	97 *Stylodactylus stebbingi* HAYASHI and MIYAKE	** コモンサンゴエビ

Astacidea　ザリガニ下目

Nephropoidea　アカザエビ上科

Nephropidae　アカザエビ科

	98 *Metanephrops japonicus* (TAPPARONE CANEFRI)	アカザエビ
	99 *Metanephrops sagamiensis* (PARISI)	サガミアカザエビ
	100 *Metanephrops thomsoni* (BATE)	ミナミアカザエビ
	101 *Nephropsis stewarti* WOOD MASON	オキナエビ

Thaumastochelidae　オサテエビ科

	102 *Thaumastocheles japonicus* CALMAN	オサテエビ

Palinura　イセエビ下目

Eryonoidea　センジュエビ上科

Polychelidae　センジュエビ科

*	103 *Stereomastis nana* (SMITH)	** ヒメセンジュエビ

Palinuroidea　イセエビ上科

Palinuridae　イセエビ科

104 *Linuparus trigonus* (VON SIEBOLD) ハコエビ

Scyllaridae セミエビ科

105 *Ibacus ciliatus* (VON SIEBOLD) ウチワエビ

106 *Ibacus novemdentatus* GIBBES オオバウチワエビ

107 *Scyllarus cultrifer* (ORTMANN) ヒメセミエビ

さらに採集記録を付表に示す。採集年月日は最初に採集した日を，分布水深はその後に採集した出現水深を加えてある。

2．地理的分布

土佐湾から採集された54属のうち，イバラエビ属1種，エビジャコ属2種，タラバエビ属1種，モロトゲアカエビ属1種の4属（7.4%）のみが北方起源で，そのほかはすべて南方起源である。

種の段階でみると北方起源の4属に含まれる5種はいずれも日本近海の固有種と考えられる。南方起源の50属のうち，サルエビ属のシラガサルエビは土佐湾固有種であり，シロエビ・シンカイイシエビ・ヤマトイシエビ・コーチローソクエビ・イズミエビ・アカザエビ・サガミアカザエビ・オサテエビの8種は日本近海にのみ分布する。このほかにトゲサケエビ・テナガテッポウエビは韓国からも報告され，テッポウエビ・オキシラエビは東シナ海，台湾にも分布しているので西村(1981)がいう東亜固有種，つまり日本列島，台湾，朝鮮半島周辺，中国東シナ海沿岸に限られるエビ類は18種（17.5%）である。深海性または浮遊性のツノナガチヒロエビ・ソコチヒロエビ・オオミツトゲチヒロエビ・ミカワエビ・トゲヒオドシエビ・オキヒオドシエビ・トゲイトアシエビ・ジンケンエビ・アカモンミノエビ・マルゴシミノエビ・ヒメセンジュエビなど11種（10.7%）は太西洋からも報告されている。残る74種（71.8%）はすべてインド・西太平洋に広く分布している。

3．鉛直分布

堀越（1970），時岡他（1972），山本（1977）がいう海洋環境の生態区分の定義によれば，採集水深から今回得られた107種は20—60m以浅の上部浅海帯で31種，20—60m深から150–200m深に至る下部浅海帯で31種，150–200m深から500—700m深の上部漸深底帯で22種，500—700m以深1,000—1,500m深までの中部漸深底帯の23種に分けられる（Table 2）。

107種のうち，漁獲量の多い42種を主要種とする。そして250m以浅の上，下部浅海帯の62種のうち，主要32種を浅海性種，250m以深の上，中部漸深底帯の45種のうち主要13種を深海性種として，それぞれの分布を検討した。

(1) 浅海性種　調査船こたか丸が水深350m以浅で昼間採集したエビの豊度，10,000m²当り漁獲量を Table 3 に，小型底びき漁船銀洋丸の資料から求めた昼夜別豊度を Table 4 に示した。

水深別豊度で代表した鉛直分布の巾は種によって異なり，いくつかの層にわたって共通に出現する種をみると，40m以浅に限られるA群，20—80m深に分布するB群，40—100m深にわたって生息するC群，80—250mの比較的深い層で漁獲されるD群に区分される。それぞれに含まれる種は次の通りである。

A群：キシエビ・クルマエビ・シラガサルエビは40m以浅の沿岸に広く認められる。サルエビ・ソコシラエビ・チクゴエビ・ヒラツノモエビは20m以浅，トサエビ・マイマイエビ・マルソコシラ

Table 2. Vertical distribution of shrimps and lobsters in six ecological zonations of the Tosa Bay.

Ecological zonation	Depth (m)	Group	No. of species	Species
Upper littoral	0—40	A	31	(6) *A. stenodactylus*, (10) *M. dalei*, (11) *M. dura*, (15) *M. intermedius*, (16) *M. moyebi*, (17) *P. cornuta*, (24) *P.* (*Mar.*) *japonicus*, (25) *P.* (*Mel.*) *latisulcatus*, (26) *P.* (*Mel.*) *marginatus*, (27) *P.* (*p.*) *monodon*, (29) *T. albicomus*, (30) *T. curvirostris*, (43) *L. hanseni*, (44) *L. intermedius*, (45) *L. penicillifer*, (48) *A. bisincisus*, (49) *A. brevicristatus*, (50) *A. distinguendus*, (51) *A. haanii*, (53) *L. planirostris*, (55) *L.* (*H.*) *vittata*, (57) *O. striaticauda*, (58) *N. sibogae*, (59) *P. japonica*, (60) *P. kotiensis*, (62) *C. affinis*, (66) *P. incisus*, (73) *C. gracilis*, (92) *L. gracilis*, (93) *L. sydniensis*, (107) *S. cultrifer*
Lower littoral	20—80	B	12	(7) *M. acclivis*, (9) *M. barbata*, (14) *M. ensis*, (18) *P. tenella*, (28) *P.* (*P.*) *semisulcatus*, (35) *S. japonica*, (41) *S. koelbeli*, (52) *A. japonicus*, (56) *L.* (*L.*) *prima*, (65) *P. pennata*, (72) *P. tosaensis*, (91) *Ple.* sp.
	40—100	C	9	(13) *M. palmensis*, (19) *P. fissurus*, (21) *P. longipes*, (22) *P. sextuberculatus*, (31) *T. longipes*, (32) *S. cristata*, (40) *S. choprai*, (75) *H. levicarina*, (87) *P. izumiae*
	80—250	D	10	(8) *M. andamanensis*, (12) *M. lata*, (64) *P. habereri*, (82) *P. spinipes*, (83) *Par.* sp., (85) *P. binoculus*, (89) *P. ortmanni*, (104) *L. trigonus*, (105) *I. ciliatus*, (106) *I. novemdentatus*
Upper bathyal	250—500	E	22	(20) *P. lanceolatus*, (23) *P. eduardoi*, (33) *S. curvirostris*, (34) *S. inflexa*, (36) *H. lucasii*, (37) *H.* sp., (38) *Hal. sibogae*, (42) *S. melantho*, (61) *E. crassus*, (63) *C. sagamiense*, (74) *C. incertus*, (77) *H. ensifer*, (79) *Het. sibogae*, (81) *P. nipponensis*, (86) *P. ensis*, (88) *P. martia*, (90) *P. unidens*, (97) *S. stebbingi*, (98) *M. japonicus*, (99) *M. sagamiensis*, (100) *M. thomsoni*, (102) *T. japonicus*
Middle bathyal	600—1000	F	23	(1) *A. foliacea*, (2) *A. virilis*, (3) *B. altus*, (4) *B. investigatoris*, (5) *P. edwardsianus*, (39) *H. obliquirostris*, (46) *S. prehensilis*, (47) *S.* sp., (54) *L.* sp., (67) *G. hastacauda*, (68) *A. eximia*, (69) *O. spinosus*, (70) *N. cursor*, (71) *N. paucidentatus*, (76) *H. dorsalis*, (78) *H. laevigatus*, (80) *Pan.* sp., (84) *P. alcocki*, (94) *P. amplidens*, (95) *P. sinensis*, (96) *P. huxleyi*, (101) *N. stewarti*, (103) *S. nana*

Numerals in parentheses denote serial numbers of species given in text and appendix table.

Table 3. Species composition with weight (g/10,000m²) of common shrimps collected by day haul of trawl nets of R. V. Kotaka-Maru.

Species \ Depth (m)	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—150	150—250	250—350
(30) *T. curvirostris*	5	—	—	—	—	—	—	—
(17) *P. cornuta*	2	—	—	—	—	—	—	—
(53) *L. planirostris*	1	—	—	—	—	—	—	—
(10) *M. dalei*	12	53	—	—	—	—	—	—
(29) *T. albicomus*	10	3	—	—	—	—	—	—
(15) *M. intermedius*	—	5	—	—	—	—	—	—
(6) *A. stenodactylus*	—	2	—	—	—	—	—	—
(28) *P. (P.) semisulcatus*	—	45	—	12	—	—	—	—
(14) *M. ensis*	—	6	6	6	—	—	—	—
(7) *M. acclivis*	—	1	1	1	—	—	—	—
(35) *S. japonica*	—	—	1	2	—	—	—	—
(52) *A. japonicus*	—	—	—	22	—	—	—	—
(9) *M. barbata*	—	255	109	193	—	—	—	—
(32) *S. cristata*	—	—	14	51	2	—	—	—
(31) *T. longipes*	—	—	17	13	10	—	—	—
(13) *M. palmensis*	—	—	32	274	4	—	—	—
(87) *P. izumiae*	—	—	1	178	1	—	—	—
Parapenaeus spp.	—	—	—	38	34	—	—	—
(105) *I. ciliatus*	—	—	—	—	19	21	—	—
(89) *P. ortmanni*	—	—	—	—	—	2	—	—
(8) *M. andamanensis*	—	—	—	92	218	3	1,549	1
(12) *M. lata*	—	—	—	—	—	52	12,862	—
(82) *P. spinipes*	—	—	—	—	—	12	774	—
(85) *P. binoculus*	—	—	—	—	—	3	4	5
(33) *S. curvirostris*	—	—	—	—	—	—	1	3
(79) *Het. sibogae*	—	—	—	—	—	—	—	153
(88) *P. martia*	—	—	—	—	—	—	—	177
(81) *P. nipponensis*	—	—	—	—	—	—	—	141
(23) *P. eduardoi*	—	—	—	—	—	—	—	22
(102) *T. japonicus*	—	—	—	—	—	—	—	7
(38) *Hal. sibogae*	—	—	—	—	—	—	—	6
(37) *Hadropenaeus* sp.	—	—	—	—	—	—	—	5
(63) *C. sagamiense*	—	—	—	—	—	—	—	4
No. of hauls	5	13	7	21	7	6	1	2

Numerals in parentheses denote serial number of species given in text and appendix table.

エビは20～40m深に限られる。これらのうち漁業の対象として重要な種はクルマエビ（地方名；シマエビ）・サルエビ・シラガサルエビ・キシエビである。ソコシラエビも20m以浅の沿岸で多獲されるが体長20㎜前後にしか達せず経済的価値は少ない。

B群：クマエビ・ヨシエビ・トラエビ・ヤマトイシエビ・テナガテッポウエビ・アカエビ・ヒゲナガクダヒゲエビの７種が20—80m深に分布する。クマエビ・ヨシエビ・アカエビはいずれもエビ漁業の重要種で，地方名でそれぞれクルマエビ・キエビ・ガニエビと呼称されている。

C群：ミナミアカエビ・オキサルエビ・コウダカクダヒゲエビ・イズミエビ・イシエビ・サケエ

Table 4. Species composition with weight (g/10,000m²) of day and night hauls of beam trawl of Ginyo-Maru in accordance with depth and time of collection.

Depth (m)	0—20		20—40		40—60		60—80	
No. of hauls	9	17	11	30	7	10	4	0
Species \ Time	Night	Day	Night	Day	Night	Day	Night	Day
(30) *T. curvirostris*	237	85	0	0	0	0	0	—
(17) *P. cornuta*	97	3	0	0	0	0	0	—
(53) *L. planirostris*	0	1	0	0	0	0	0	—
(92) *L. gracilis*	1282	3	0	0	0	0	0	—
(93) *L. sydniensis*	0	0	15	0	0	0	0	—
(10) *M. dalei*	13	28	68	102	0	0	0	—
(29) *T. albicomus*	138	0	123	26	0	0	0	—
(15) *M. intermedius*	0	0	0	0	2	0	0	—
(24) *P. (Mar.) japonicus*	23	0	32	6	16	0	0	—
(14) *M. ensis*	0	0	50	0	36	0	12	—
(28) *P. (P.) semisulcatus*	2	0	34	0	66	24	2	—
(7) *M. acclivis*	0	0	4	0	0	0	0	—
(35) *S. japonica*	0	0	1	0	0	1	0	—
(9) *M. barbata*	0	0	519	289	439	256	79	—
(31) *T. longipes*	0	0	0	0	107	0	26	—
(13) *M. palmensis*	0	0	0	0	4	14	162	—
(87) *P. izumiae*	0	0	0	0	1	10	2	—
(40) *S. choprai*	0	0	0	0	19	0	130	—
(41) *S. koelbeli*	0	0	2	0	1	0	0	—

Numerals in parentheses denote serial numbers of species given in text and appendix table.

ビ・トゲサケエビ・アシナガサケエビ・ムツハサケエビの9種が40—100m深で漁獲されている。なかでもミナミアカエビ・オキサルエビ・コウダカクダヒゲエビの3種は60—80m深を主分布域としていて，小型底びき網漁船が秋に沖合で漁獲する雑エビの代表種である。イズミエビも60—80m深に多数分布するが，成長しても体長30㎜前後の小型種であって土佐湾では利用されていない。しかし，紀伊水道では古くからノミエビと呼ばれ，小さい目合の網で漁獲されている（中澤，1930)。

D群：80—250m深でもっとも多獲されている種はミナミシロエビである。ウチワエビとハクセンエビはやや浅い80—150m深に，シロエビとオキノスジエビ・オキノアカモンエビは100—250m深に分布している。ミナミシロエビは沖合底びき網で10—11月に漁獲される。同種は北日向灘の100m深付近で，夏に小型底びき網により大量に漁獲されることがある（通山・河野，1975)。

(2) 深海性種　250m以深で漁獲される種類の大部分は“深海エビ”と呼ばれている。これらのエビの水深別豊度または採集量を Table 3（こたか丸調査豊度)，Table 5（第2麹洋丸採集量)，Table 6（開洋丸採集量）に示す。

3隻の調査結果を通観すると，主として250—500m深に出現するE群と500—1,000m深に出現するF群に大別される。F群を500—700m深と900—1,000m深に細分する可能性はあるが，調査回数が少ないので1つの群として取扱った。

Table 5. Species composition of shrimps collected by beam trawl of Kyoyo-Maru.

Station		S－1		S－2		S－3		S－4		S－5	
Date		Dec. 20, 1979		Dec. 21		Dec. 21		Dec. 21		Dec. 21	
Depth (m)		310—318		335		453—432		605—585		700—705	
Species		No.	weight (g)	No.	weight (g)	No.	weight (g)	No.	weight (g)	No.	weight (g)
(2)	*A. virilis*	—	—	—	—	—	—	3	63.0	1	14.0
(4)	*B. investigatoris*	—	—	—	—	—	—	—	—	1	2.8
(38)	*Hal. sibogae*	—	—	33	660.0	1	48.7	—	—	—	—
(46)	*S. prehensilis*	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.0
(47)	*Sergia* sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	?
(63)	*C. sagamiense*	—	—	—	—	4	7.5	1	1.5	2	3.0
(67)	*G. hastacauda*	—	—	—	—	24	330.0	456	2,600.0	20	50.0
(70)	*N. cursor*	—	—	—	—	—	—	6	32.0	—	—
(71)	*N. paucidentatus*	—	—	—	—	—	—	6	56.3	—	—
(76)	*H. dorsalis*	—	—	—	—	1	30.0	—	—	—	—
(77)	*H. ensifer*	—	—	165	3,142.3	23	233.6	2	13.0	—	—
(78)	*H. laevigatus*	—	—	—	—	—	—	4	81.0	—	—
(79)	*Het. sibogae*	—	—	33	624.8	1	25.0	—	—	—	—
(80)	*Pandalopsis* sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	1	30.0
(81)	*P. nipponensis*	64	1,955.0	34	811.9	—	—	—	—	—	
(84)	*P. alcocki*	—	—	—	—	—	—	—	—	13	110.0
(86)	*P. ensis*	—	—	2	10.0	—	—	—	—	3	15.0
(88)	*P. martia*	—	—	7	20.0	7	17.0	—	—	—	—
(96)	*P. huxleyi*	—	—	—	—	—	—	13	105.0	1	8.0
(97)	*S. stebbingi*	—	—	—	—	1	3.1	—	—	—	—
(101)	*N. stewarti*	—	—	—	—	—	—	6	53.0	—	—

Numerals in parentheses denote serial numbers of species given in text and appendix table.

E群：主要種は深海エビ漁業の対象となっているボタンエビ・サガミアカザエビ・ジンケンエビ・ヒゲナガエビ・アカモンミノエビ・ミノエビ・ベニガラエビ・トゲジンケンエビの8種と経済的価値の低いサルイシエビ・オサテエビ・コワクダヒゲエビの1種・ソコエビジヤコの4種である。このほかに10種が少数ずつ採集された。

F群：中部漸深底帯で23種が出現した。漁獲量の最も多い種は開洋丸，第2翹洋丸の調査ともトゲヒラタエビで，ツノナガチヒロエビがこれに次ぎ，その他の種は少ない。この群にはトゲヒオドシエビ・トゲミノエビ・ツノナガチヒロエビ・オオミツトゲチヒロエビ・ベニサクラエビ・サクラエビ類の1種のように鮮紅色を呈する種が多い。肉質は一般に軟弱なものが多いようである。

採集水深をみると，トゲヒラタエビとヒメセンジュエビは500 m 深から本調査における最深層1,000m深付近まで広く分布している。モロトゲアカエビ属の1種・イバラエビ属の1種・マルソコチヒロエビは900-1,000m深で採集された。それ以外の18種は500～700m深で採集されている。また今回の調査では500-700m深に限られていたヒカリチヒロエビとツノナガチヒロエビは350m深で操業する沖合底びき網でも漁獲されているので，350-700m深に主分布域が存在する可能性もある。

Table 6. Species composition of shrimps collected by otter trawl of R. V. Kaiyo-Maru.

Station	T—1	T—2	T—3
Date	Jan. 25, 1975	Jan. 26	Jan. 26
Depth (m)	615	943	1043
Species	Weight (g)	Weight (g)	Weight (g)
(1) *A. foliacea*	2,000	—	—
(2) *A. virilis*	200	—	—
(3) *B. altus*	10	—	—
(5) *P. edwardsianus*	300	—	—
(31) *T. longipes*	40	—	—
(39) *H. obliquirostris*	7	—	—
(67) *G. hastacauda*	5,000	300	250
(68) *A. eximia*	50	—	20
(70) *N. cursor*	15		—
(71) *N. paucidentatus*	19	—	—
(76) *H. dorsalis*	40	—	—
(80) *Pan.* sp.	—	35	—
(81) *P. nipponensis*	1,000	—	—
(96) *P. huxleyi*	100	—	—
(103) *S. nana*	40	40	40

Numerals in parentheses denote serial numbers of species given in text and appendix table.

4. 昼夜移動

漁船銀洋丸の60m以浅の資料を昼夜に分けると10,000m²当り 100 g 以上漁獲されたサルエビ・ソコシラエビ・シラガサルエビ・オキサルエビの４種は，いずれも夜間にのみとられている。アカエビは昼間にも漁獲されているがやはり夜間に多い。

60—80m層については Table 3 に示したこたか丸の昼間の資料を加えて，小型底びき網漁場である80m以浅におけるエビ類の昼夜における豊度の変化を示した（Fig. 2）。昼間よりも夜間に著るしく多い種はサルエビ・チクゴエビ・ソコシラエビ・マルソコシラエビ・シラガサルエビ・クルマエビ・ヨシエビ・クマエビ・オキサルエビ・コウダカクダヒゲエビである。これとは対照的に，繊細で長足の胸脚をもつコエビ類のイズミエビではむしろ昼間に多い。昼夜の差の少ない種にはアカエビ属のアカエビ・キシエビ・ミナミアカエビの３種がある。アカエビの豊度は60m以浅では夜に高まるが，それ以深では逆である。キシエビ・ミナミアカエビでは昼間の豊度がやや高い。

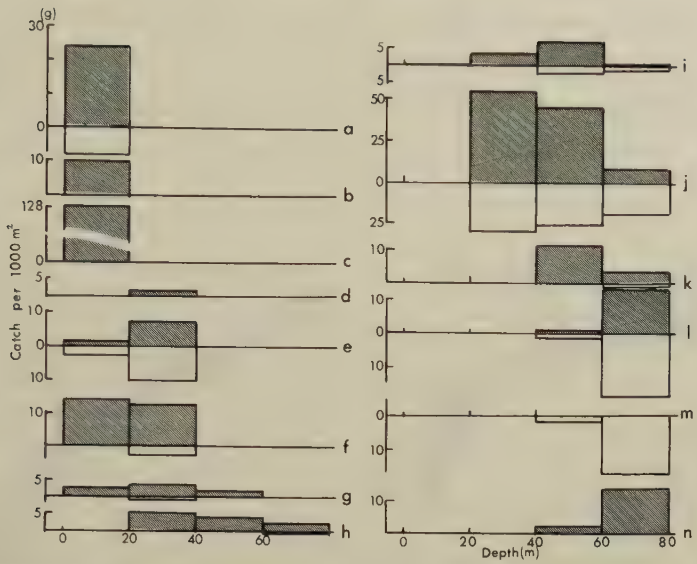


Fig. 2 Comparison of catches of common species collected by day and night hauls of beam trawl of a fishing boat, GINYO MARU.
Species in panels a to n are;
a: *T. curvirostris* (30), b: *P. cornuta*(17), c: *L. gracilis*(92),
d: *L. sydniensis*(93), e: *M. dalei*(10), f: *T. albicomus*(29),
g: *P.* (*Mar.*) *japonicus*(24), h: *M. ensis*(14), i: *P.* (*P.*) *semisulcatus*(28),
j: *M. barbata*(9), k: *T. longipes*(31), l: *M. palmensis*(13),
m: *P. izumiae*(87) n: *S. choprai*(40).
Numerals in parentheses denote serial numbers of the species given in text and appendix table. In each panel, upper hatched columns and lower open columns denote catch by night-hauls and by day-time-hauls, respectively.

考　　察

土佐湾では古くから各種の漁法が行われており，地形の複雑さと相まって，多くの水族が分布するところとして知られている。魚類については，蒲原（1950），落合（1970）などによって1,200種余りを報告し，その主要種の資源評価が進んでいる（工藤，1980）。これに対してエビ類については安田他（1962）が200―400mの深海域から35種，池本他（1980）が80m以浅から23種を記載しているにすぎず，その生態にも未知の分野が多い。

今回の調査によって土佐湾から底びき網，稚魚網を用いて砂泥底にすむ107種のエビ類を記録できた。今回対象とならなかった岩礁域や沿岸の藻場にはさらに20種前後のエビ類が生息するといわれているので（久保，1965），土佐湾のエビ類は約130種となり，紀伊水道の37種（阪本・林，1977），笠岡湾内外の33種（安田，1958），有明海の42種（池末，1963），油谷湾の60種（小嶋・花渕，1981）に比べてはるかに豊富である。

今回得られた107種のうちシラガサルエビは土佐湾固有種である。開いた湾であるにもかかわらず，僅かとはいえ固有種が存在することは土佐湾の複雑な環境を反映しているといえよう。しかし

湾口の広い開放型の湾であるために周辺の海域と共通した種がほとんどすべてである。とくに沖合を黒潮が流れているために圧倒的に南方系の種が多い。なお，浮遊性種，深海性種は世界に共通な種を含んでいる。関連水域との間の動物地理学的な検討を今後進める必要があろう。

今回調査した 1,000 m 深までの範囲でも種による鉛直方向のすみ分けがみられる。表，中層を遊

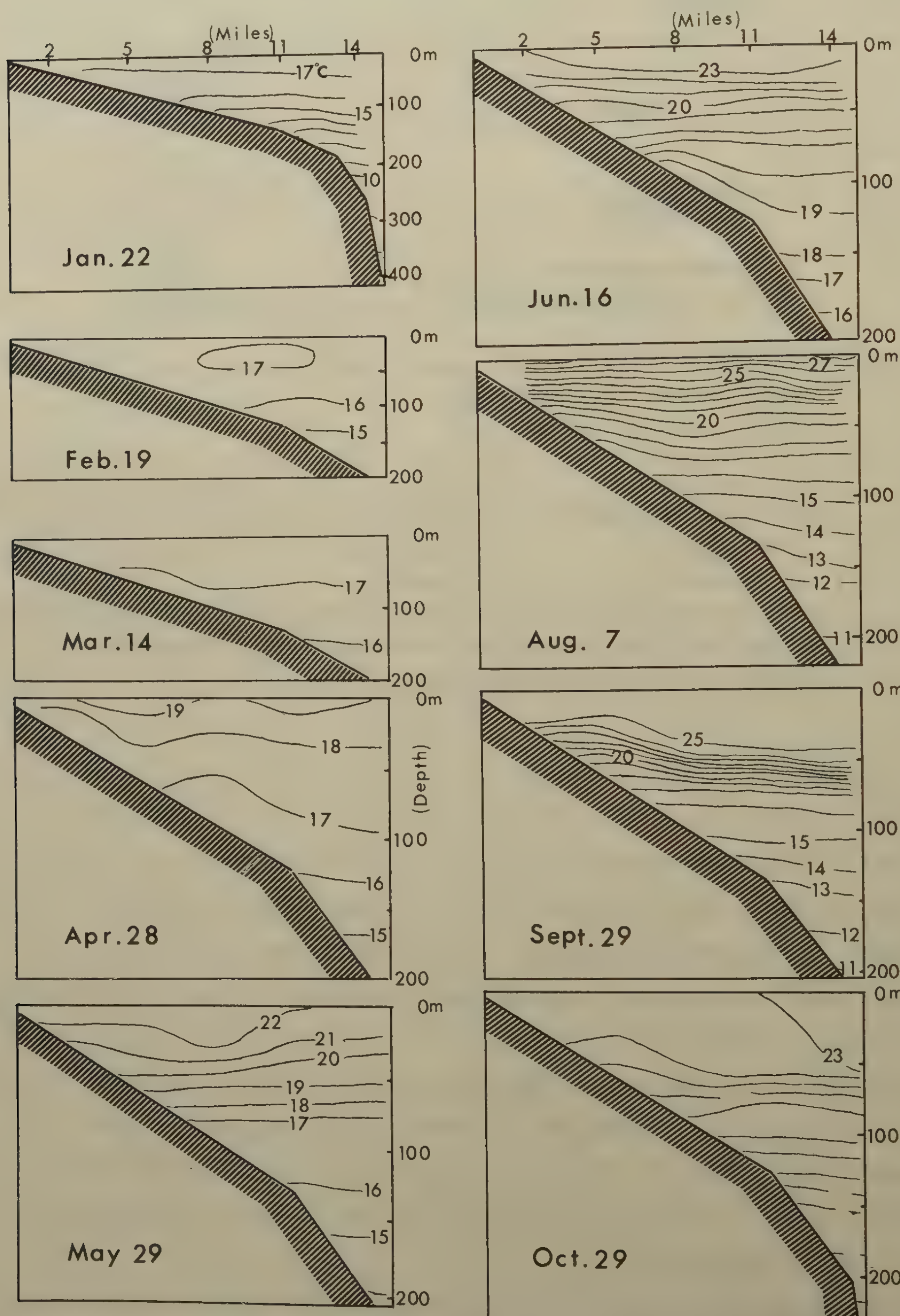


Fig. 3 Vertical distribution of water temperature off Kochi City, January-October 1969.

泳するユメエビ属，ヒオドシエビ科のオキヒオドシエビを除く底生種のエビ類は，その生息水深から40m以浅のA群，40—80m深のB群，40—100m深のC群，100—250m深のD群，250—500m深のE群，500m以深のF群に分けられる。それぞれの分布域における環境条件のうち，とくに水温，底質，流動の特徴を調べた。

1969年にこたか丸で調査した土佐湾の水温鉛直分布をみると，成層期に比べ対流期の1—3月は表，底層とも100m深で16—17℃台を示している。200m深の水温は2—5月で14—15℃，6—1月で11—12℃を示し，冬—春にやや高温を示すが，季節による温度差は表層よりもはるかに小さい（Fig. 3）。

200m以深の水域における温度分布を1975年1月の開洋丸の観測結果（小西他，1979）によると，底層水温は100m深で約17℃，200m深12℃，300m深10℃，400m深8℃，500m深6℃，600m深5℃，700m深4℃，900m深で3℃を示している。100m以浅では冬季に上下層とも殆んど等温を示すのでその外縁の100m深付近，また100～200m深に形成される躍層の外縁にあたる200m深付近，さらに底層水温傾斜の緩やかとなりはじめている600m深付近で底層水温が変化している（Fig. 4）。これと Fig. 5 のC・D・E群の分布する外縁がほぼ対応する。

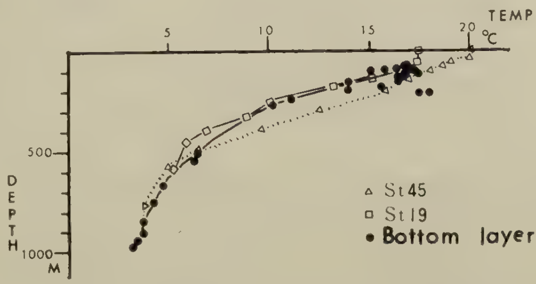


Fig. 4 Bottom water temperature in the Tosa Bay, January 1975. After Konishi *et al.* (1979).

底質は土佐湾中部高知市付近の砕波域では粗い砂質，50—70m深付近には砂泥が東西に帯状にみられ，その外側の100～200m深は貝殻混りの砂質域となっている（服部，1979）。本調査でも100—200m深で多数の貝殻とビノスガイモドキ *Venus*（*Ventricoloideea*）*foveolata* SOWERBY が採集されている。

土佐湾中央部の陸棚上には左旋環流があり，30m以浅では西流，50m深付近では離岸流が認められているので（宮田，1980），40m深付近に流動の境界が認められる。

つまり底質，流動からみると，土佐湾中央部の陸棚上では岸に沿った西向流の卓越する40m以浅，砂泥を主とし50mから離岸流がみられる40—100m深，貝殻混りの砂質よりなり中央部左旋環流が東向する100—200m深にわけられる。エビ類は40m以浅の泥底にすむA群，20—80m深の砂泥底に分布するB群，40—100m深の砂泥底にすむC群，80m深から陸棚外縁の250m深に分布するD群というように対応がつけられる。

永田・玉井（1980）によると土佐湾の底泥粒度は一般に東部で粗く，西部で細かい。同一水深でも湾の東部と西部で底質が異なるので，クルマエビが40m以浅の砂底を，クマエビ・アカエビが20—80m深の砂泥底を好むように，エビ類は底質によりすみ場を選択するが，その選択の巾はそれぞれの種が属する水深帯の巾で好適地を求めて移動する。

上述したA—Fの6群の代表的種類の鉛直分布を模式的に Fig. 5 に示した。

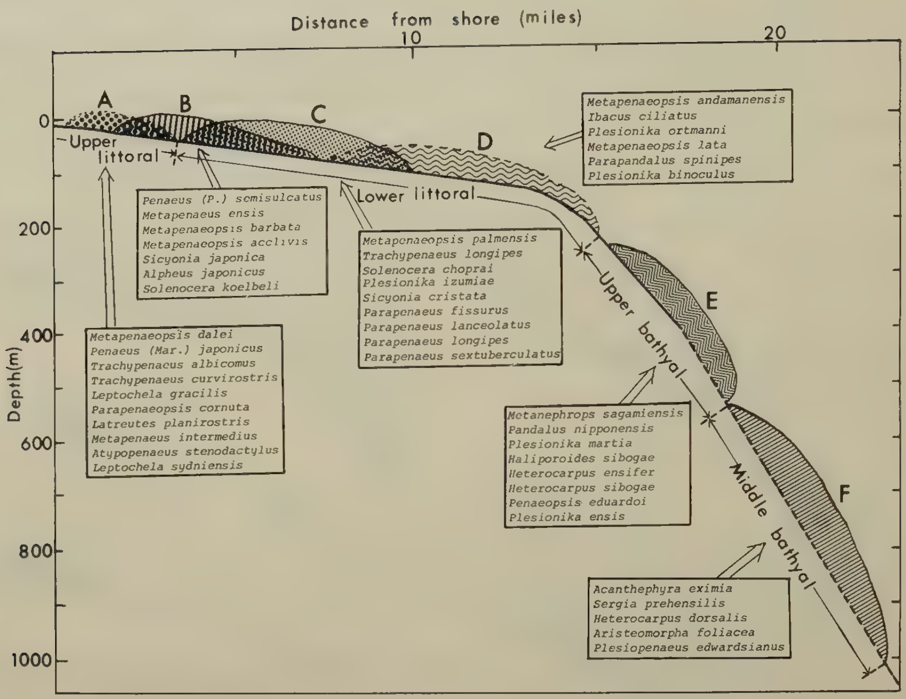


Fig. 5 Schematic presentation of common species distributed in six zonations, A to F, on the continental shelf and slope in the Tosa Bay.

イズミエビ・キシエビ・ミナミアカエビを除く浅海性エビ類は夜間の採集量が昼間に比べて多い。これは一般に昼間は砂泥に潜み，夜間餌を求めて活動する（椎野，1972）ためであろう。クマエビ（Fig. 2, i）およびアカエビ（Fig. 2, j）は深度の増加に伴い昼間の漁獲が相対的に高い。海底に到達する照度が深さに従って減少するので，60—80m深では両種の昼夜における活動の差が小さくなっているのかも知れない。しかし，現在の情報ではこのことを深く論究できない。

深海性種では海洋水産資源開発センター（1972）が土佐湾の水深400—600mのところで40回の操業における1網平均漁獲量をみると，ボタンエビは夜間7.2kg，昼間12.5kgで昼間に多いが，ヒカリチヒロエビでは夜間5kg，昼間2.5kgで夜間に多い。コエビ類は一般に他のプランクトンと同じく夜間は浮上する（椎野，1972）。コエビ類であるボタンエビは昼に多く，クルマエビ類に属するヒカリチヒロエビは夜に多いという，生態の相違を反映している。さらに，深海エビ漁業は昼間操業であるから，深海では昼間に潜砂するものは少ないようである。

要　　約

土佐湾中央部の大陸棚とその斜面に生息するエビ類の種類と分布に関する研究を1972年から1980年にわたり実施し，次のような知見が得られた。

1．土佐湾で採集されたエビ類は107種であった（未同定6種を含む）。内訳はクルマエビ下目に

5科19属47種，コエビ下目に13科28属50種，ザリガニ下目に2科3属5種，イセエビ下目に3科4属5種であった。このうち11種は日本新記録種であった。

2．水平分布をみると，わずかに5種が北方起源の属であり，浮遊性または深海性の11種が大西洋からも報告があるが，残りはインド・西太平洋に分布すると考えられる。後者のうち13種はこれまでのところ日本および韓国沿岸でしか報告がない。

3．量的にまとまってとれる種類について深度別の分布状況をみると，浅海域から深海にいくにしたがって，種組成に変化が認められ，6群（A—F）に大別される。A群は40m以浅にすむもので，約10種が含まれる。B群は水深20—80mから採集されるもので，代表種は7種，C群は40—100m深に分布し，9種がとれている。D群は80—250m深と広い範囲に出現し，6種の代表種がいる。残る2群はいわゆる深海エビであり，E群は250—500m深に分布し，8種を含む。最後のF群は500—1,000m深に分布し，鮮紅色の6種が含まれるが，量的には少ない。A—E群の中には産業重要種が多く，各水深帯の指標種ともなっている。

4．これらの群類型区分は海洋環境と対比した海洋の生態区分帯によく一致する。A群は上部浅海帯，B—D群は重複しているところがあり，一つの帯としてまとめられ下部浅海帯に相当し，E群は上部漸深底帯，F群は中部漸深底帯に相当する。まれにしか採集されなかった種類についても，採集深度やこれまでの報告にある水深を参照して，これらの生態区分帯に含めてみると，土佐湾では上部浅海帯に31種，下部浅海帯に31種，上部漸深底帯に22種，中部漸深底帯に23種が分布していると思われる。

文　　献

服部茂昌，1979：海域環境の総括的特徴．土佐湾浮流油の漁業への影響調査報告書，高知県，39—41.

堀越増興，1970：深海底の生物　その環境と生物帯．海洋科学，**2**（2），31—36.

池末　弥，1963：有明海におけるエビ・アミ類の生活史，生態に関する研究．西水研報告，(30)，1—124.

池本　一・松木征史・山重政則・平田益良雄，1980：底魚資源調査．高知県水試事業報告書，74—92.

海洋水産資源開発センター，1972：昭和47年度沖合底びき網新漁場企業化調査報告書（太平洋南区）．1—59.

蒲原稔治，1950：土佐及び紀州の魚類．高知県文教協会，288P.

小嶋喜久雄・花渕靖子，1981：油谷湾におけるエビ・カニ類の生態学的研究　I．出現種および種組成の季節的変化．西水研研報，(56)，39—54.

小西芳信・浅見忠彦・花岡藤雄・永田樹三・酒井保次・山中完一・陣野哲郎・工藤晋二・通山正弘・岡村　収，1979：開洋丸による土佐沖・豊後水道沖の大陸棚及び同斜面ならびに土佐海盆におけるトロール，その他の調査結果，南西水研調査報告，(3)，60P.

久保伊津男，1965：新日本動物図鑑〔中〕，北隆館，591—600.

工藤晋二，1980：南西海域底魚資源．底魚資源，青山恒雄編，恒星社厚生閣，166—191.

宮田和夫，1980：土佐湾における底層水の流動．農林水産技術会議，研究成果　129，144—146.

永田樹三・玉井恭一，1980：土佐湾のマクロベントスの分布と底質の性状．農林水産技術会議，研究成果 129，150—154.

中澤毅一，1930：瀬戸内海蝦調査，水講報，**11**（2），40—52.

西村三郎，1981：地球の海と生命—海洋生物地理学序説，海鳴社，284P.

落合　明，1970：土佐の魚たち．丸ノ内出版，245P.

阪本俊雄・林　健一，1977：紀伊水道における小型底曳網漁業のエビ類．日水誌，**43**(11)，1259—1268.

椎野季雄，1972：動物系統分類学　7（上）．中山書店，312P.

玉井恭一，1980：西日本周辺海域に生息する *Paraprionospio* 属（多毛類：スピオ科）4 type の形態的特徴と分布について．南西水研報告，(13)，41—58.

時岡　隆・原田英司・西村三郎，1972：海の生態学，築地書店，188—315.

通山正弘・河野孝吉，1975：北日向灘および土佐湾の *Metapenaeopsis coniger*（Wood-Mason）について．南西海区ブロック内海漁業研究会資料，1—14.

通山正弘・日高　覚・波多野静雄・竹井義治・宮本浩二・佐藤哲夫・田島健司，1976：土佐湾の底魚類の深度別分布調査について．南西海区ブロック会議外海漁業研究会資料，1—7.

山本護太郎，1977：海の生態系—構造と機能—．海洋出版株式会社，126P.

安田治三郎，1958：内湾に於ける蝦類の資源生物学的研究．内海水研報告，(11)，171—198.

安田治三郎・篠岡久夫・土肥和一・殿谷次郎，1962：四国・九州の太平洋沿岸における深海底曳網漁業の現況と将来についての一つの考察，特にえび類について．内海水研報告，(18)，1—17.

Appendix table. Data of collection of pelagic and benthic shrimps and lobsters in the Tosa Bay, excluding rocky zone species.

Scientific name	Record of collection		
	Date	Vessel	Depth (m)
Aristeidae			
1 *Aristeomorpha foliacea* (Risso)	Jan. 25, '75	KAIYO M.	615
2 *Aristeus virilis* (Bate)	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	585—605
3 *Benthesicymus altus* Bate	Jan. 25, '75	KAIYO M.	615
4 *Benthesicymus investigatoris* Alcock and Anderson	Jan. 25, '75	〃	700—1,043
5 *Plesiopenaeus edwardsianus* (Johnson)	Jan. 25, '75	〃	615
Penaeidae			
6 *Atypopenaeus stenodactylus* (Stimpson)	Jul. 20, '77	GINYO M.	20—80
7 *Metapenaeopsis acclivis* (Rathbun)	Aug. 22, '74	KOTAKA M.	20—60
8 *Metapenaeopsis andamanensis* (Wood Mason)	Jan. 22, '73	〃	50—300
9 *Metapenaeopsis barbata* (De Haan)	Jan. 23, '73	〃	20—90
10 *Metapenaeopsis dalei* (Rathbun)	Apr. 20, '73	〃	10—70
11 *Metapenaeopsis dura* Kubo	Mar. 10, '79	〃	20—40
12 *Metapenaeopsis lata* Kubo	Jul. 8, '76	〃	120—200
13 *Metapenaeopsis palmensis* (Haswell)	Dec. 11, '78	〃	50—90
14 *Metapenaeus ensis* (De Haan)	Jan. 23, '73	〃	10—70
15 *Metapenaeus intermedius* (Kishinouye)	Dec. 15, '72	GINYO M.	30—50
16 *Metapenaeus moyebi* (Kishinouye)	Mar. 2, '76	〃	10—20
17 *Parapenaeopsis cornuta* (Kishinouye)	Feb. 16, '76	KOTAKA M.	5—32
18 *Parapenaeopsis tenella* (Bate)	Feb. 17, '76	〃	10—60
19 *Parapenaeus fissurus* (Bate)	June. 23, '73	〃	50—90
20 *Parapenaeus lanceolatus* Kubo	Aug. 30, '77	〃	60—100
21 *Parapenaeus longipes* Alcock	〃	〃	40—70
22 *Parapenaeus sextuberculatus* Kubo	〃	〃	50—90
23 *Penaeopsis eduardoi* Pérez Farfante	June 17, '76	〃	260—350
24 *Penaeus* (*Marsupenaeus*) *japonicus* Bate	Nov. 12, '72	GINYO M.	10—50
25 *Penaeus* (*Melicertus*) *latisulcatus* Kishinouye	Mar. 2, '76	〃	10—20
26 *Penaeus* (*Melicertus*) *marginatus* Randall	Mar. 2, '76	〃	10—20
27 *Penaeus* (*Penaeus*) *monodon* Fabricius	Dec. 16, '72	〃	10—20
28 *Penaeus* (*Penaeus*) *semisulcatus* De Haan	Jan. 23, '73	KOTAKA M.	10—80
29 *Trachypenaeus albicomus* Hayashi and Toriyama	Apr. 1, '77	GINYO M.	5—40
30 *Trachypenaeus curvirostris* (Stimpson)	Jan. 23, '73	KOTAKA M.	5—50
31 *Trachypenaeus longipes* (Paulson)	Apr. 21, '77	GINYO M.	40—80
Sicyonidae			
32 *Sicyonia cristata* (De Haan)	Mar. 25, '76	KOTAKA M.	35
33 *Sicyonia curvirostris* Balss	June 17, '76	〃	260—350
34 *Sicyonia inflexa* (Kubo)	Dec. 9, '75	〃	260—300
35 *Sicyonia japonica* Balss	Aug. 29, '73	〃	10—50
Solenoceridae			
36 *Hadropenaeus lucasii* (Bate)	June 17, '76	〃	260—350
37 *Hadropenaeus* sp.	June 17, '76	〃	260—350
38 *Haliporoides sibogae* (De Man)	June 17, '76	〃	260—350
39 *Hymenopenaeus obliquirostris* (Bate)	Jan. 25, '75	KAIYO M.	600—615
40 *Solenocera choprai* Nataraj	June 26, '73	KOTAKA M.	40—80
41 *Solenocera koelbeli* De Man	Sep. 26, '74	GINYO M.	30—70

42 *Solenocera melantho* DE MAN	Nov. 4, '78	KOTAKA M.	250—300
Sergestidae			
Luciferinae			
43 *Lucifer hanseni* NOBILI	Dec. 16, '73	GINYO M.	0—1
44 *Lucifer intermedius* HANSEN	〃	〃	〃
45 *Lucifer penicillifer* HANSEN	〃	〃	〃
Sergestinae			
46 *Sergia prehensilis* BATE	Jan. 25, '75	KAIYO M.	615—705
47 *Sergia* sp.	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	700—705
Alpheidae			
48 *Alpehus bisincisus* DE HAAN	Mar. 15, '77	KOTAKA M.	35
49 *Alpehus brevicristatus* DE HAAN	May 7, '76	〃	1—35
50 *Alpehus distinguendus* DE MAN	Sept. 2, '80	GINYO M.	20—50
51 *Alpehus haanii* ORTMANN	Mar. 24, '76	〃	35
52 *Alpehus japonicus* MIERS	Jul. 22, '77	KOTAKA M.	20—60
Hippolytidae			
53 *Latreutes planirostris* (DE HAAN)	Feb. 18, '78	GINYO M.	5—20
54 *Lebbeus* sp.	Jan. 26, '75	KAIYO M.	1, 043
55 *Lysmata* (*Hippolysmata*) *vittata* (STIMPSON)	Jan. 26, '78	KOTAKA M.	12—35
56 *Lysmata* (*Lysmatella*) prima (BORRADAILE)	Sep. 2, '80	〃	50
Ogyrididae			
57 *Ogyrides striaticauda* KEMP	Feb. 20, '78	GINYO M.	9
Processidae			
58 *Nikoides sibogae* DE MAN	Mar. 2, '76	GINYO M.	30—40
59 *Processa japonica* (DE HAAN)	Apr. 21, '77	〃	30
60 *Processa kotiensis* (YOKOYA)	Apr. 22, '78	〃	24—40
Eugonatonotidae			
61 *Eugonatonotus crassus* (A. MILNE EDWARDS)	June. 17, '76	KOTAKA M.	260—350
Crangonidae			
62 *Crangon affinis* DE HAAN	Feb. 17, '76	GINYO M.	9—35
63 *Crangon sagamiense* BALSS	June. 17, '76	KOTAKA M.	260—605
64 *Pontocaris habereri* DOFLEIN	Feb. 5, '80	〃	180
65 *Pontocaris pennata* BATE	Sep. 2, '80	〃	50—80
66 *Pontophilus incisus* KEMP	Jan. 7, '77	GINYO M.	10
Glyphocrangonidae			
67 *Glyphocrangon hastacauda* BATE	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	432—705
Oplophoridae			
68 *Acanthephyra eximia* SMITH	Jan. 25, '75	KAIYO M.	615
69 *Oplophorus spinosus* (BRULLÉ)	〃	〃	〃
Nematocarcinidae			
70 *Nematocarcinus cursor* A. MILNE EDWARDS	〃	〃	〃
71 *Nematocarcinus paucidentatus* BATE	〃	〃	〃
Pontoniinae			
72 *Periclimenes tosaensis* KUBO	Jan. 25, '78	KOTAKA M.	20—60
Pandalidae			
73 *Chlorotocella gracilis* BATE	〃	〃	15—20
74 *Chlorotocus incertus* BATE	June 17, '76	〃	260—350
75 *Heterocarpoides levicarina* (BATE)	Dec. 7, '77	GINYO M.	40—60
76 *Heterocarpus dorsalis* BATE	Jan. 25, '75	KAIYO M.	450—600
77 *Heterocarpus ensifer* A. MILNE EDWARDS	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	335—600

78 *Heterocarpus laevigatus* BATE	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	585—605
79 *Heterocarpus sibogae* DE MAN	Dec. 10, '75	KOTAKA M.	260—450
80 *Pandalopsis* sp.	Jan. 26, '75	KAIYO M.	945
81 *Pandalus nipponensis* YOKOYA	June 17, '76	KOTAKA M.	260—450
82 *Parapandalus spinipes* (BATE)	July 8, '76	〃	120—200
83 *Parapandalus* sp.	June 17, '76	〃	180—200
84 *Plesionika alcocki* (ANDERSON)	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	700—705
85 *Plesionika binoculus* (BATE)	June 17, '76	KOTAKA M.	260 350
86 *Plesionika ensis* (A. MILNE EDWARDS)	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	700—705
87 *Plesionika izumiae* OMORI	Jan. 23, '73	KOTAKA M.	40—80
88 *Plesionika martia* (A. MILNE EDWARDS)	June 17, '76	〃	180—430
89 *Plesionika ortmanni* DOFLEIN	June 6, '78	〃	100—200
90 *Plesionika unidens* BATE	June 17, '76	〃	260—350
91 *Plesionika* sp.	Dec. 19, '78	〃	40—70
92 *Leptochela gracilis* STIMPSON	Mar. 2, '76	GINYO M.	5—30
93 *Leptochela sydniensis* DAKIN and COLEFAX	Aug. 7, '80	KOTAKA M.	20—80
94 *Pasiphaea amplidens* BATE	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	700—705
95 *Pasiphaea sinensis* HAYASHI and MIYAKE	Jan. 25, '75	KAIYO M.	600
Psalidopodidae			
96 *Psalidopus huxleyi* WOOD MASON and ALCOCK	Dec. 21, '79	No. 2 KYOYO M.	585—605
Stylodactylidae			
97 *Stylodactylus stebbingi* HAYASHI and MIYAKE	〃	〃	432
Nephropidae			
98 *Metanephrops japonicus* (TAPPARONE CANEFRI)	〃	〃	310—335
99 *Metanephrops sagamiensis* (PARISI)	Jan. 17, '78	Mimase Fish Market	300—400
100 *Metanephrops thomsoni* (BATE)	〃	〃	〃
101 *Nephropsis stewarti* WOOD MASON	Oct. 16, '75	〃	〃
Thaumastochelidae			
102 *Thaumastocheles japonicus* CALMAN	Jan. 17, '76	KOTAKA M.	260—350
Polychelidae			
103 *Stereomastis nana* (SMITH)	Jan. 26, '75	KAIYO M.	615—1,043
Palinuridae			
104 *Linuparus trigonus* (VON SIEBOLD)	June 6, '78	〃	200
Scyllaridae			
105 *Ibacus ciliatus* (VON SIEBOLD)	June 29, '71	KOTAKA M.	90—150
106 *Ibacus novemdentatus* GIBBES	Apr. 5, '78	〃	200—300
107 *Scyllarus cultrifer* (ORTMANN)	Feb. 18, '78	GINYO M.	19

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish. Res. Lab. No. 14, 1982

日向灘におけるモジャコの漁獲率　1968—1972年

古藤　　力・用正　文男*・花岡　藤雄

Rate of exploitation of juvnile yellowtail in the northern Hyuga Nada, 1968-1972

Tsutomu Koto, Fumio Yosho and Fujio Hanaoka

Young yellowtail, *Seriola quinqueradiata* Temminck & Schlegel, aggregate inside clusters of seaweeds. thus being called *mojako* or "smallfish of seaweeds." Since 1960, the juvenile fish have been extensively exploited as seeds for the rapidly expanded yellowtail cage culture. The *mojako* fishing boats have exclusively adopted purse seines until 1975 when dip nets were also introduced. The catchability must be very high because the seiners scoop the fish together with easily located drifting seaweeds. The annual catch reached 20 million youngs in the early 1960's. From 1963 to 1968 the Fisheries Agency organized cooperative investigations for evaluation of the effect of *mojako* exploitation on the yellowtail stocks. Analysis of catch and effort statistics, however, was not conducted to estimate the rate of exploitation on the young fish due to lack of the data. Instead, tagging experiments took major roles for the stock assessment.

The Miyazaki Prefectural Fisheries Experimental Station collected logbooks of the purse seiners in the northern Hyuga Nada along the eastern Kyushu Island for five years from 1968 to 1972. The authors had an opportunity to analyze these statistics and estimated the catchability coefficient of the *mojako* seiners.

This is the first approach toward the assessment of *mojako* stocks with the catch and effort statistics, and then based on very simplified assumptions. The catch-per-boat shows several peaks in a fishing season of year, usually extending from May to July. Fairly acceptable decline of CPUE occurs after the peak, which appears supporting the assumptions that a cohort entered into the fishing ground on the day of the peak, and then stayed there until the next peak would appear. The duration between two successive peaks usually lasted for three to eight days. De Lury equation was applied for estimating the catchability coefficient.

where, $\log C_t / x_t = \log q N_o - q x_{(t)}$,

C_t : catch in number on t-th day,

1982年１月11日受理，南西海区水産研究所業績　第120号，〒739-04 広島県大野町
住所　南西海区水産研究所高知庁舎　〒780 高知市棧橋通り
*宮崎県水産試験場

N_o : recruitment size in number,

q : catchability coefficient,

x_t : amount of fishing effort or number of boats operated on t-th day, and,

$x_{(t)}$: cumulated amount of fishing effort until t-th day in number of boat-days.

A correlation coefficient between log C_t/X_t and $X(t)$ is calculated to judge applicability of the equation to the data. Fifteen cohorts out of 24 peaks of CPUE showed statistical significance of the correlation coefficient. The fishing mortality rates per day of the 15 cohorts range between 0.08 and 2.73. The estimates below 0.30 for eleven cohorts appear in accord with the previous estimates based on tagging experiments of the small fish in 1964 and 1965 in the Hyuga Nada. The previous studies, however, indicated natural mortaltiy rate of 0.02 to 0.09 per day or 0.05 on the average. It is necessary to refine the analysis of catch and effort statistics so as to include the natural mortality into account.

The most serious problem of this type of analysis is the fact that the daily CPUE does not necessarily trace change of stock size of the same cohort. Additional biological survey is essential in order to solve this difficulty of stock assessment of juvenile yellowtail.

モジャコは流れ藻に密集する習性があるため，4～6月にかけて小型のまき網で漁獲され，また1975年頃から抄い網による漁獲量も多くなった。流れ藻を目標にして操業しているので，その漁獲率は高いと考えられる。1960年代に入り，ハマチ養殖業の発展とともに2,000万尾にも達したモジャコの採捕は，ブリ資源に大きい影響を及ぼしていると懸念された。そこで1963～1965年，1966～1968年の2期6か年にかけて，東海区水産研究所及び南西海区水産研究所を中心に，関係する海区水産研究所，水産試験場・漁業指導所，東京大学海洋研究所による協同調査が行なわれた。これらの調査ではモジュコ及び流れ藻の標識放流からの漁獲係数，自然死亡係数，ブリの漁獲統計，年齢組成からモジャコの発生量が求められている（東海区水産研究所他1966，東海区水産研究所数理統計部・南西海区水産研究所外海資源部 1970)。しかしそのいずれの推定法にも技術的に未解決な問題が残されており，推定値を比較しながら妥当な結論を引き出す努力が払われてきた。したがって過去の研究とは独立した推定値をあたえるモジャコ漁船の漁獲統計の解析は，既往の資源評価の妥当性を吟味する上で大きな意義をもっている。

著者等は宮崎県水産試験場（1970年3月までは宮崎県沿岸漁業指導所）が1968年から1972年にかけて収集した，日向灘北部域におけるモジャコまき網船の日別漁獲統計を用いて漁獲率の推定を試みた。

本文に入るに先だち有益なご助言を下さった当研究所尾形外海資源部長，三谷文夫前外海資源部長および漁獲統計の使用を許可された堀家博元宮崎県水産試験場長に感謝の意を表する。また原稿の校閲をいただいた当所林企画連絡室長に謝意を表する。

資料及び方法

宮崎県水産試験場は1968年から1972年にかけて，同県下のモジャコまき網船の主構成員である島野浦，赤水，北浦，延岡東の4漁業協同組合所属船から日別漁獲統計を収意し，これに基づいた日別の操業隻数，漁獲重量を同場の漁海況週報に発表している（宮崎県沿岸漁業指導所 1968，1969，宮崎県水産試験場1970，1971，1972）。本報では同週報に記載された日別操業隻数及び，同水産試験場が週または旬別のモジャコ体長・体重関係から換算した日別漁獲尾数を用いた（付表）。ただし1日1隻当り漁獲尾数は原則として3日間の移動平均値を，初漁日，終漁日および悪天候による操業中止日の前後では，2日間の移動平均値を用いた。

モジャコまき網船は主として5トン未満船である（東海区水産研究所他1966）。宮崎県では1966年頃から1980年に入った現在まで，3～5トンが約92％を占め，3トン未満と5～10トンとはそれぞれ4％程度を占めるに過ぎない。このように3～5トン船が圧倒的に多く，その規模範囲が狭いので船型による漁獲努力量の標準化は行なわなかった。

1日1隻当り漁獲尾数の移動平均値には毎年複数の極大値が現われる（図1～3）。そしてそれぞれの極大値の出現日に続いて，1日1隻当り漁獲尾数は数日間にわたって緩やかに低下している。この1日1隻当り漁獲尾数の減少過程を，極大値が現われた日に1群のモジャコが加入をおわり，次の極大値が現われる迄はこの群がひき続いて漁獲対象になったと仮定する。この仮定の下で極大値が現われた日の資源量，つまり加入量及び漁獲率を推定する方法をとった。この解析では自然死亡を無視できると仮定し，久保・吉原（1957）が紹介したDe Luryの資源量推定法の中で，漁獲努力量と単位努力当り漁獲量との関係を使う以下の式によって加入量N_oを推定した。

$$\log C_t/x_t = \log q N_o - q x_{(t)} \quad (1)$$

C_t ；t —日における漁獲量

N_o ；加入量

q ；漁獲能率

x_t ；t —日における漁獲努力量

$x_{(t)}$ ；t —日までに加えられた累積漁獲努力量

推定加入量 N_o と t —日迄の総漁獲量 $C_{(t)}$ との比 $C_{(t)}/N_o$ がそれ迄の漁獲率となる。式(1)が資料に適合する度合は $\log C_t/x_t$ と $x_{(t)}$ との相関の有意性によって判定し，有意水準が5％以下の期間に対してのみ算出された N_o と q を吟味した。

結　　果

1）．De Lury の式への適合

図1～3に1968～1972年の各漁期における，1日1隻当り漁獲尾数（以下 CPUE と呼ぶ）の移動平均値を示した。CPUE の極大値の数及びその出現日は，年の間で一定していない。同図には CPUE がひき続いてなめらかに減少して，同じ魚群が対象となったと思われる期間を横線で示し

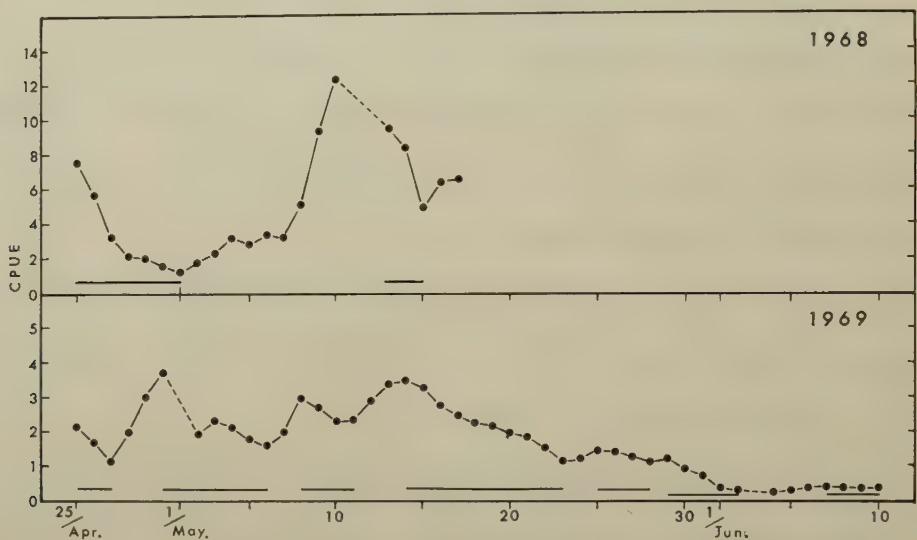


Fig. 1 Amount of fishing effort and running means of CPUE in the *mojako* purse seine fishery in the northern Hyuga Nada, 1968 and 1969.

Horizontal bars indicate duration of apperence of the cohorts.

See footnote of Table 1 for duration.

See footnote of Appendix table for running means 1968–1972.

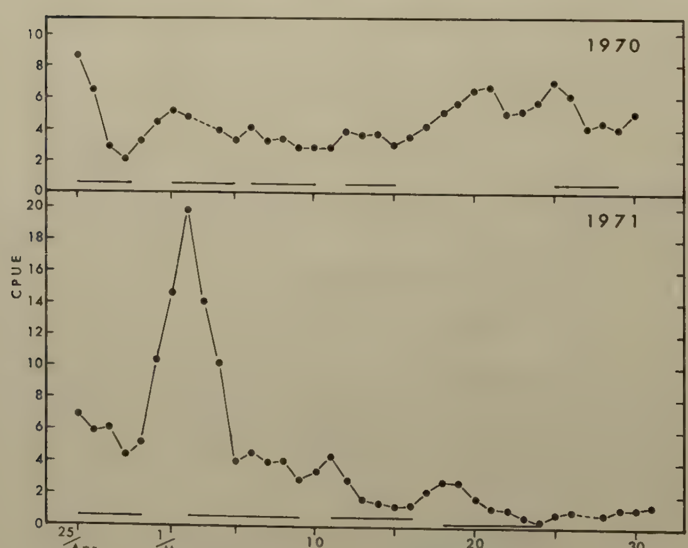


Fig. 2 Amount of fishing effort and running means of CPUE in the *mojako* purse seine fishery in the northern Hyuga Nada, 1970 and 1971.

た。各期間における漁獲日数，累積漁獲努力量（延隻数），総漁獲尾数，日別の CPUE の対数と日別の累積漁獲努力量との相関係数及び，その F—検定結果を表 1 に示した。出現した群れの数は1968年に 2，1969年に 8，1970年に 5，1971年に 4，1972年に 5 であった。これらのうち1969年の 5 月14～20日と 5 月21～23日の群れは，5 月14～23日にかけてひき続き漁獲対象となった 1 個の群れとも考えられるが，CPUE が 5 月21日に若干高まっている点に注目して 2 個の群れとした。同様に1969年 5 月25日～ 6 月 2 日，1972年 4 月21日～ 5 月 1 日でもそれぞれ 2 個の群れが加入したと

Table 1. Caluculations of initial population number, fishing rate and catchability coefficient of 24 cohorts of juvenile yellowtail based on Equation (1) together with examination of fitness of the equation to the data, in the *mojako* purse seine fishery in the northern Hyuga Nada, 1968–1972.

Year	No[1)]	Duration[2)]	No. of fishing days	X(t)[3)]	Cach in number	Examination of fitness[4)]		Population parameter[5)]		
						r	F-value	R (x1000)	E	q
1968	1	Apr 25 - May 1	7	206	598, 714	−0. 983	144. 252***	856	0. 700	0. 01032
	2	May 13 - May 15	3	122	918, 185	−0. 988	42. 290	(1630)	(0. 563)	(0. 00745)
1969	3	Apr 25 - Apr 27	3	24	40. 070	−0. 987	36. 313	(72)	(0. 544)	(0. 04300)
	4	Apr 30 - May 6	6	84	222. 161	−0. 824	8. 461*	389	0. 571	0. 01086
	5	May 8 - May 11	4	122	301. 252	−0. 958	22. 039*	999	0. 302	0. 00331
	6	May 14 - May 20	7	233	576. 501	−0. 993	352. 143***	1215	0. 475	0. 00313
	7	May 21 - May 23	3	102	142. 888	−0. 998	356. 144*	332	0. 431	0. 00666
	8	May 25 - May 28	4	72	93. 034	−0. 943	15. 397	(351)	(0. 265)	(0. 00435)
	9	May 29 - June 2	5	135	121. 225	−0. 914	15. 282*	178	0. 682	0. 01482
	10	June 7 - June 10	4	59	23. 185	−0. 886	7. 302	(203)	(0. 114)	(0. 00201)
1970	11	Apr 25 - Apr 28	4	11	42. 950	−0. 969	30. 787*	73	0. 589	0. 15180
	12	May 1 - May 5	4	44	240, 773	−0. 922	11. 423	(438)	(0. 549)	(0. 01395)
	13	May 6 - May 10	5	103	355, 009	−0. 910	14. 444*	1136	0. 312	0. 00364
	14	May 12 - May 15	4	109	413, 581	−0. 843	4. 911	(1725)	(0. 240)	(0. 00246)
	15	May 25 - May 29	5	107	474, 487	−0. 946	25. 301*	1324	0. 358	0. 00524
1971	16	Apr 25 - Apr 29	5	79	490. 200	−0. 747	3. 776	(1541)	(0. 318)	(0. 00482)
	17	May 2 - May 9	8	139	1,153,741	−0. 918	31. 927***	1434	0. 804	0. 01468
	18	May 11 - May 16	6	63	156, 363	−0. 994	329. 345***	248	0. 613	0. 02388
	19	May 18 - May 24	7	67	81, 421	−0. 952	48. 024***	100	0. 818	0. 02664
1972	20	Apr 11 - Apr 13	3	10	7, 600	−0. 935	6. 949	(14)	(0. 529)	(0. 06942)
	21	Apr 21 - Apr 24	4	6	5, 980	−0. 864	5. 890	(13)	(0. 472)	(0. 14055)
	22	Apr 27 - May 1	5	12	6, 940	−0. 975	57. 730***	16	0. 438	0. 05265
	23	May 5 - May 11	7	54	58, 442	−0. 959	57. 735***	121	0. 482	0. 01641
	24	May 17 - May 21	5	71	221, 265	−0. 938	21. 960*	583	0. 379	0. 04257

1) Serial number of cohorts in the five seasons.
2) Duration given as horizontal bar in Fig. 1.
3) Cumulated fishing effort in boat-days.
4) Fitness of Equation 1 to the data is evaluated by significance of the correlation coefficient, r, between logarithms of CPUE, log (C_t/X_t), and cumulated fishing effort, $X(t)$, evaluated by F-test. In the column of F-value, the probability of significance is given as * 5%, ** 1%, and *** 0.5% or less.
5) Population paramaters given here are the initial stock number or recruitment, R, fishing rate, $E = C(t)/R$, and the catchability coefficient, q.

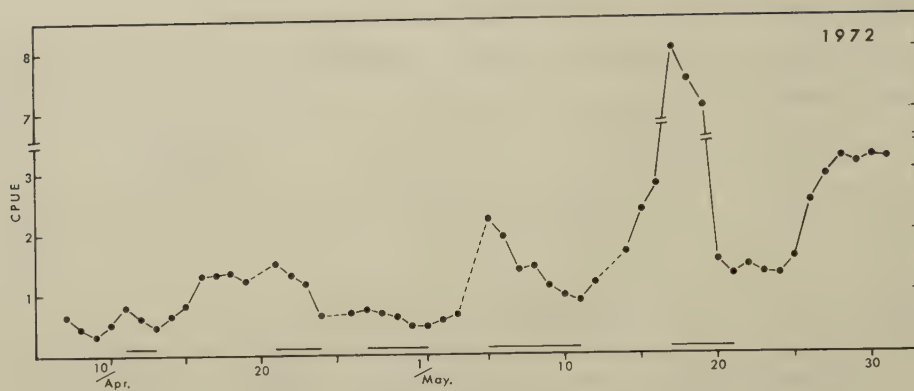


Fig. 3　Amount of fishing effort and running means of CPUE in the *mojako* purse seine fishery in the northern Hyuga Nada, 1972. See footnote of Fig. 1

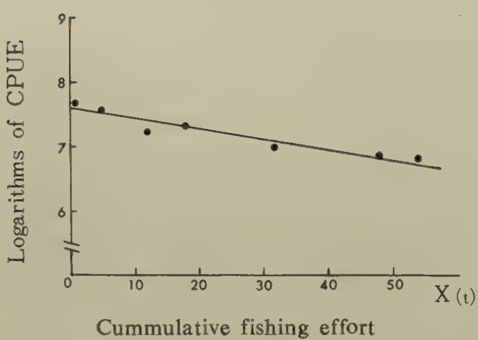


Fig. 4　Examination of fitness of Equation 1 to the fishing effort and CPUE data of a juvenile yellowtail cohort taken in a duration of 5-11 May 1972.

みなした。

1968～1972年にみられた24個の群れのうち，図4に示した1972年5月5～11日にかけ漁獲された群れでは，CPUE の対数は累積漁獲努力量に対して直線的に減少し，この間の資料に対しては式(1)がよくあてはまっている。この例では相関係数は −0.959，0.5%以下の危険率で有意である。表1によると1968年では2群中1群，1969年では8群中3群，1970年では5群中2群，1971年では4群中1群，1972年では5群中2群で，CPUE の対数と累積漁獲努力量との相関係数が，5%以下の危険率では有意とはいいきれない。一方これら以外の15個の群れでは，5%以下の危険率で相関係数が有意なので，式(1)による計算を進めた（表1）。

2)．漁獲能率と漁獲率

前節で選び出した15個の群れに対する漁獲能率は0.003～0.15の範囲で変化し，0.01から0.003の値が多い。加入から逸散までの漁獲率は0.3～0.8の範囲で変化し，平均漁獲率は0.52，1つの魚群を漁獲し続ける期間は，3～8日間で5日前後の場合が多い（表1）。1日当りの漁獲率に直すと0.06～0.15の範囲で変化していて，その平均は約0.10である。

論　　　　議

モジャコまき網船は距岸20～30浬以内で操業し，採捕魚を活魚として保つ必要からその航海期間は大部分が日帰り航海である。したがってここで用いた資料は，先に述べた4漁業協同組合の根拠地に近い日向灘北部域における漁獲統計である。それから求めた CPUE が，日向灘北部域への来

Table 2. Catchability coefficient and mean fishing mortality coefficient of 15 cohorts of juvenile yellowtail in the mojako purse seine fishery in the northern Hyuga Nada, 1968-1972.

Year	Duration	Mean effort/day	Catchability coefficient	Fishing coefficient/day
1968	Apr 25 — May 1	29	0. 01032	0. 30
1969	Apr 30 — May 6	14	0. 01086	0. 15
	May 8 — May 11	31	0. 00331	0. 10
	May 24 — May 20	33	0. 00313	0. 10
	May 21 — May 23	111	0. 00666	0. 74
	May 29 — June 2	27	0. 01482	0. 40
1970	Apr 25 — Apr 28	18	0. 15180	2. 73
	May 6 — May 10	21	0. 00364	0. 08
	May 25 — May 29	21	0. 00524	0. 11
1971	May 2 — May 9	17	0. 01468	0. 25
	May 11 — May 16	11	0. 02388	0. 26
	May 18 — May 24	10	0. 02664	0. 27
1972	Apr 27 — May 1	2	0. 05265	0. 11
	May 5 — May 11	8	0. 01641	0. 13
	May 17 — May 21	14	0. 04257	0. 60

Table 3. Previous estimate of total and fishing mortality coefficient of juvenile and young yellowtail in the Hyuga Nada and adjacent waters, 1963-1965, 1967 and 1969.

Developmental stage and body length	Sea area	Year	Total mortality coefficient	Fishing mortality coefficient
Mojako or juveniles,over 9 cm	Hyuga Nada	1964	0. 296 — 0. 400	0. 0107 — 0. 057
Mojako or juveniles, 10-20 cm	Hyuga Nada	1963	0. 0216 — 0. 031	0. 00102— 0. 00116
as above	Hiwasa	1963	0. 0028 — 0. 0366	0. 00015— 0. 00034
as above	Tosa Bay	1963	0. 0627 — 0. 0995	0. 00374— 0. 00572
as above	Tosa Bay	1964	0. 0758 — 0. 0863	no data
as above	Okino Shima	1964	0. 0572	no data
as above	Hyuga Nada	1965	0. 152 — 0. 198	no data
as above	Tosa Bay	1965	0. 111	no data
as above	Hyuga Nada	1967	0. 0746 — 0. 0850	0. 00042— 0. 00046
Tsubasu or youngs	Tosa Bay	1969	0. 0745 — 0. 0806	0. 00134— 0. 00121

Data from Asami *et al.* (1967) for catch in years of 1963 to 1965, and from Population Dynamics and Statistics Division Tokai RFRL, and Offshore Fishery Resources Research Division, Nansei RFRL (1970) for catch in years of 1967-1969.

Fish taken in 1963 to 1965 and 1967 are recorded as mojako in the original report, but appear at more advanced *tsubasu* stage of 9 cm or larger in body length. *Tsubasu* refers young fish up to 30 cm in body length.

遊量を反映していると考えてよい。工藤（1973）も豊後水道の大分県寄りで得られたモジャコのCPUE が，モジャコの来遊状態を反映し，CPUE の平均値が来遊量の指標であると考えている。

1)．漁獲能率と漁獲係数

本報で算出した漁獲能率と，1日当りの平均漁獲努力量との積で求めた，1日当りの漁獲係数を表2に示す。この漁獲係数は自然死亡がないと仮定しているので，全減少係数でもある。この値は，年によって異なり0.08～2.73の範囲で変動しているが，15群中11群では0.30以下である。

浅見他（1967），東海区水産研究所数理統計部・南西海区水産研究所外海資源部（1970）は，モジャコ，ハマチの標識放流結果から，それらの全減少係数や漁獲係数を求めている。モジャコの1日当り全減少係数は0.003～0.40の範囲にある（表3）。日向灘に注目すると1963年には0.02～0.03，1964年に0.30～0.40，1965年に0.15～0.20，1967年には0.075～0.085である。1964～1965年の推定値0.15～0.40は，本報で扱った1968～1972年に多くみられた0.10～0.30に近い。この浅見他等の計算でも，推定値が年によって異なり，その変動幅が大きい。

本報では自然死亡を無視しているので，これ以上の検討は行なわなかった。

2)．漁獲以外によるモジャコの減少

浅見他（1967），東海区水産研究所数理統計部・南西海区水産研究所外海資源部（1970）はモジャコの標識放流結果から，モジャコ期直後～ハマチ期における漁獲以外の要因による減少係数を表示している。それによると1963年に日向灘で0.21，1964年の土佐湾で0.059～0.096，1967～1968年の日向灘，土佐湾で0.07～0.08の範囲にある。

土井（1967），東海区水産研究所他（1966）はモジャコの標識放流結果から，6～8月にかけてのモジャコの見かけ上の自然死亡係数は，1日当り平均0.05（0.02～0.09）としている。これらのことから，魚群の逸散や自然死亡を含めた1日当りの漁獲以外の減少係数は，ほぼ0.02～0.10の範囲にあるとみてよい。この0.02～0.10の値は表2の1日当りの漁獲係数0.08～2.73に比べ，無視できるほど小さいものではない。

浅見他（1967），東海区水産研究所他（1966）は，モジャコの成長にともなう減耗要因として，カツオ，シイラやモジャコと生活基盤を共にするハナオコゼ，メダイ幼魚などの捕食種による食害と，モジャコ自身による共食いをあげている。浅見他（1967）は胃内容物として出現したモジャコを手がかりに，天然の状態での共食いによる減耗状況を吟味している。これによると太平洋南部では共食いによるモジャコの減耗が大きく，30日後まで生き残るものは，最悪の場合で約5％，最もよい場合でも約33％となる可能性がある。先に述べたように漁場に加入したモジャコが，ひき続いて漁獲対象となる期間は3～8日間である。そこで来遊期間中は加入・逸散・漁獲がないと仮定して浅見他（1967）が導いた式(2)を使って，8日以内における共食いによる減耗率を推定した。

$$N_t = N_o e^{-\alpha\beta t} \qquad (2)$$

N_o；あるモジャコ魚群の加入尾数

N_t；この魚群のｔ日後の尾数

α；摂餌1回についての共食いによる減少率

β；1日の摂餌回数

Table 4. Calculated mortality of juvenile yellowtail due to cannibalism for durations of three to eight days.

		Survival rate				Mortality rate due to cannibalism	observed fishing rate for corresponding duration given in Table 1.
α 1)		0.0182		0.0322			
β 2)		2	3	2	3		
Duration in days	3	0.896	0.849	0.824	0.748	0.10 — 0.25	0.43
	4	0.864	0.834	0.773	0.679	0.14 — 0.32	0.24 — 0.59
	5	0.834	0.761	0.725	0.617	0.17 — 0.38	0.31 — 0.68
	6	0.804	0.721	0.679	0.560	0.20 — 0.44	0.57 — 0.61
	7	0.775	0.682	0.637	0.509	0.22 — 0.49	0.47 — 0.70
	8	0.747	0.646	0.597	0.462	0.26 — 0.54	0.80

1) α : Mortality rate due to cannibalism for a feeding activity.
2) β : Number of feeding activities per day.

(2)式から算出した結果を表4に示す。共食いによる減耗は3日間では10～25%程度であるが，5日間には20～40%にそして，8日間には25～50%にも達する。これらの値は本報で求めた漁獲率0.3～0.8，平均0.52に匹敵する程度の大きなものである。

東海区水産研究所他（1966），浅見他（1967）によると，共食いによって減耗をうけるモジャコは来遊期の遅い小型群で，体長4.5㎝以上では殆んど影響がない。協同調査が実施された1963～1968年における日向灘でのモジャコの採捕魚体は，年によって異なっているが来遊期の遅い4.5㎝以下のものの割合がさほど大きくないので（東海区水産研究所他1966，東海区水産研究所数理統計部・南西海区水産研究所外海資源部1970），この間におけるモジャコの共食いによる減耗は表4ほどには大きくなさそうである。しかし4.5㎝以下のモジャコが多い年には，共食いによる CPUE の低下は無視できない。

浅見他（1966）は漁業者に対するアンケート調査から，魚体が大きくなるにつれてまき網で採捕できるものの割合が，低下する傾向があると指摘している。すなわちモジャコの体長が3㎝以下なら100%，10㎝以上の大型では30%，この両者の中間の大きさのもので60%程度を採捕しているようである。漁業者の体験は，漁獲対象となるモジャコの大きさによっては，共食いや自然死亡とは別に CPUE を低下させる要因，たとえば漁具からの逃避を考える必要があることを示唆している。

3). 漁期中の魚群の交替

今回の計算では CPUE が極大値に達してから，一様に減少して次の極大値が現われる迄の間では，同じ群れが漁獲の対象となると仮定した。東海区水産研究所他(1966)，東海区水産研究所数理統計部・南西海区水産研究所外海資源部（1970）が示したモジャコまき網やたも網で獲られたモジャコの旬別体長は，季節の推移につれて大きい方へと移る場合が多く，同じ魚群が引続いてとられると云えそうでもあるがそれを確証する程ではない。今後宮崎県水産試験場が，漁獲重量を漁獲尾数に換算する際に用いた資料を検討した上で，群れの交替についての吟味を取り上げる必要がある。

摘　　要

1968～1972年に宮崎県水産試験場が，日向灘北部で操業しているモジャコまき網船から収集した日別の漁獲統計（水揚隻数，漁獲尾数，1日1隻当り漁獲尾数）を用いて漁獲率の推定を試みた。1日1隻当り漁獲尾数にみられる変化は魚群の来遊のみを反映していると考え，1日1隻当り漁獲尾数の移動平均値に極大値が現われた日にモジャコの加入があり，次の極大値が現われる迄は同じ群れが漁獲の対象になると仮定した。同じ群れを漁獲し続ける期間は3～8日程度である。加入量の推定は De Lury の式のうち，累積漁獲努力量と単位努力当り漁獲量の対数を使う方法によった。漁獲能率，漁獲率は累積漁獲努力量と1日1隻当り漁獲量との間に，有意な相関が認められた15個の群れによって求めた。

15個の群れの漁獲率は，0.3～0.8の範囲にあり平均0.52である。1日当りの漁獲率は，0.06～0.15の範囲にあり平均0.10である。漁獲能率は0.003～0.15の範囲で変化し，0.01前後と0.003前後のものが多い。1日当り漁獲係数は自然死亡を無視しているので全減少係数と同じになるが，その出現範囲は0.08～2.73にわたり，15群中11群で0.30以下である。この値は1963～1965，1967，1969年に標識放流調査で求めた全死亡率に近い。モジャコの標識放流結果から求められている，1日当りの漁獲以外の減少係数0.02～0.10は，本報で求めた1日当りの漁獲率に比べ無視できるほど小さいものではない。モジャコの共食いに関する知見からみて，4.5cm以下のモジャコが多い年には共食いによる減耗を無視できない。

今後漁獲能率や漁獲率の推定に際しては，漁獲以外の要因によるモジャコの減少を考慮する必要がある。CPUE の山が低下して次の山がくる迄の間は，同じ魚群を獲り続けるとした仮定について，今後は体長資料によって魚群の交替の有無を吟味する必要がある。

文　　献

浅見忠彦，花岡藤雄，松田星二，1976；産卵および発生初期の生態ならびにモジャコの標識放流に関する研究．農林水産技術会議研究成果30，1～61．

土井長之，1967；成魚の減耗および資源量の推定に関する研究．3）ブリ成魚の漁獲統計調査とその資源学的解析．農林水産技術会議研究成果30，100～115．

工藤勝宏，1973；1969―1971年の豊後水道西部海域のモジャコ漁況について．大分県水試調研報(1973)，1～16．

宮崎県沿岸漁業指導所，1968；モジャコ漁況．宮崎県沿指漁海況週報，4～5月号．

――――，1969；――――．――――，4～6月号．

宮崎県水産試験場，1970；モジャコ漁況．宮崎県水試漁海況週報，4～5月号．

――――，1971；――――．――――，――――．

————，1972；————.
————，————.
東海区水産研究所，南海区水産研究所，西海区水産研究所，東北区水産研究所，岩手県水産試験場，福島県水産試験場，茨城県水産試験場，千葉県水産試験場，千葉県銚子水産事務所，神奈川県水産試験場，静岡県水産試験場伊東分場，三重県水産試験場，三重県水産試験場尾鷲分場，和歌山県水産試験場，徳島県水産試験場，高知県水産試験場，愛媛県水産試験場，大分県水産試験場，宮崎県沿岸漁業指導所，鹿児島県水産試験場，東京大学海洋研究所，1966；モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究報告書．1～99.
東海区水産研究所数理統計部，南西海区水産研究所外海資源部編集，1970；モジャコ採捕のブリ資源に及ぼす影響に関する研究報告書（続報）．1～99.

Appendix Table

Daily statistics of *mojako* purse seine fishery in the northern Hyuga Nada, 1968–1972.

Year	Date		Amount of fishing effort, X[1]	Amount of catch in number, C	Catch per unit effort (CPUE)	
					Real figure	Running[2] means
1968	Apr.	25	13	127, 300	9, 792	7, 473
		26	43	221, 580	5, 154	5, 642
		27	53	100, 184	1, 890	3, 237
		28	9	24, 010	2, 668	2, 127
		29	18	32, 840	1, 824	2, 016
		30	31	48, 250	1, 556	1, 507
	Sub-total		167	554, 164	—	—
	May	1	39	44, 550	1, 142	1, 171
		2	31	25, 270	815	1, 795
		3	9	30, 840	3, 427	2, 269
		4	26	66, 670	2, 564	3, 187
		5	35	124, 950	3, 570	2, 806
		6	32	73, 089	2, 284	3, 407
		7	33	144, 100	4, 367	3, 183
		8	24	69, 543	2, 898	5, 028
		9	43	336, 200	7, 819	9, 199
		10	79	1, 333, 629	16, 881	12, 350
		11				
		12				
		13	27	359, 935	13, 331	9, 526
		14	32	183, 028	5, 720	8, 336
		15	63	375, 222	5, 956	4, 792
		16	64	172, 810	2, 700	6, 290
		17	14	143, 000	10, 214	6, 457
	Sub-total		551	3, 482, 836	—	—
	Total		718	4, 037, 000	—	—
1969	Apr.	25	8	26, 600	3, 325	2, 133
		26	8	7, 520	940	1, 670
		27	8	5, 950	744	1, 072
		28	18	27, 597	1, 533	1, 893
		29	16	54, 430	3, 402	2, 938
		30	27	104, 698	3, 878	3, 640
	Sub-total		85	226, 795	—	—
	May	1				
		2	19	41, 378	2, 178	1, 904
		3	18	29, 343	1, 630	2, 281
		4	9	27, 312	3, 035	2, 193
		5	10	19, 141	1, 914	1, 746
		6	1	289	289	1, 567
		7	13	32, 486	2, 499	1, 932
		8	38	114, 274	3, 007	, 958
		9	27	90, 925	3, 368	2, 664

Year	Date		Amount of fishing effort, $X^{1)}$	Amount of catch in number, C	Catch per unit effort (CPUE)	
					Real figure	Running[2] means
1969	May	10	35	56, 631	1, 618	2, 259
		11	22	39, 422	1, 792	2, 293
		12	30	104, 068	3, 469	2, 860
		13	5	16, 600	3, 320	3, 369
		14	34	112, 764	3, 317	3, 460
		15	20	74, 844	3, 742	3, 264
		16	53	144, 792	2, 732	2, 729
		17	30	51, 382	1, 713	2, 403
		18	28	77, 334	2, 762	2, 189
		19	18	37, 630	2, 091	2, 136
		20	50	77, 755	1, 555	1, 908
		21	29	60, 253	2, 078	1, 805
		22	34	60, 560	1, 781	1, 475
		23	39	22, 075	566	1, 111
		24	18	17, 721	985	1, 162
		25	8	15, 485	1, 936	1, 420
		26	20	26, 779	1, 339	1, 423
		27	26	25, 863	995	1, 239
		28	18	24, 907	1, 384	1, 083
		29	39	33, 886	869	1, 202
		30	52	70, 330	1, 353	898
		31	14	6, 598	471	730
	Sub-total		757	1, 512, 827	—	—
	June	1	27	9, 845	365	342
		2	3	566	189	277
		3				
		4	27	6, 808	252	226
		5	14	2, 784	199	277
		6	6	2, 275	379	340
		7	26	11, 494	442	390
		8	11	3, 833	349	374
		9	14	4, 631	331	361
		10	8	3, 227	403	367
	Sub-total		136	45, 463	—	—
	Total		978	1, 785. 085	—	—
1970	Apr	25	1	13, 300	13, 300	8, 638
		26	4	15, 900	3, 975	6, 525
		27	3	6, 900	2, 300	2, 853
		28	3	6, 850	2, 286	2, 097
		29	12	20, 510	1, 709	3, 288
		30	15	88, 055	5, 871	4, 416
	Sub-total		38	151, 515	—	—

Year	Date		Amount of fishing effort, X[1]	Amount of catch in number, C	Catch per unit effort (CPUE)	
					Real figure	Running[2] means
1970	May	1	13	73, 690	5, 668	5, 163
		2	10	39, 495	3, 950	4, 810
		3				
		4	1	1, 600	1, 600	3, 950
		5	20	125, 988	6, 299	3, 346
		6	3	6, 413	2, 138	4, 231
		7	36	153, 237	4, 257	3, 310
		8	33	116, 629	3, 534	3, 465
		9	14	36, 456	2, 604	2, 875
		10	17	42, 274	2, 487	2, 877
		11	15	53, 089	3, 539	2, 949
		12	17	47, 937	2, 820	3, 959
		13	37	204, 175	5, 518	3, 731
		14	26	70, 210	2, 854	3, 794
		15	29	87, 259	3, 009	3, 062
		16	26	86, 424	3, 324	3, 630
		17	35	159, 542	4, 558	4, 184
		18	54	252, 120	4, 669	5, 088
		19	57	344, 058	6, 036	5, 733
		20	18	116, 871	6, 493	6, 498
		21	70	487, 590	6, 996	6, 714
		22	22	147, 002	6, 682	4, 988
		23	10	13, 167	1, 317	5, 204
		24	4	30, 450	7, 612	5, 762
		25	3	25, 075	8, 358	7, 008
		26	22	111, 167	5, 053	6, 245
		27	45	229, 570	5, 324	4, 170
		28	29	61, 900	2, 134	4, 435
		29	8	46, 775	5, 847	4, 044
		30	1	4, 150	4, 150	4, 999
	Sub-total		675	3, 178, 313	—	—
	Total		713	3, 329, 828	—	—
1971	Apr	25	11	67, 800	6, 164	6, 952
		26	41	317, 295	7, 739	5, 866
		27	21	77, 565	3, 694	6, 133
		28	3	20, 900	6, 967	4, 291
		29	3	6, 640	2, 213	5, 162
		30	44	277, 504	6, 307	10, 184
	Sub-total		123	767, 704	—	—
	May	1	51	1, 123, 661	22, 033	14, 563
		2	16	245, 590	15, 349	19, 917
		3	22	429, 110	22, 369	13, 938
		4	19	77, 820	4, 096	10, 169
		5	13	52, 550	4, 042	3, 968

Year	Date		Amount of fishing effort, X[1]	Amount of catch in number, C	Catch per unit effort (CPUE)	
					Real figure	Running[2] means
1971	May	6	26	97, 920	3, 766	4, 589
		7	18	107, 240	5, 958	4, 044
		8	12	40, 880	3, 407	4, 138
		9	13	39, 631	3, 049	2, 951
		10	15	35, 968	2, 398	3, 447
		11	13	63, 641	4, 895	4, 430
		12	14	35, 710	2, 551	3, 032
		13	26	42, 882	1, 649	1, 717
		14	2	1, 900	950	1, 553
		15	4	8, 230	2, 060	1, 337
		16	4	4, 000	1, 000	1, 417
		17	11	13, 093	1, 190	2, 262
		18	3	13, 790	4, 597	2, 944
		19	2	6, 090	3, 045	2, 781
		20	2	1, 400	700	1, 814
		21	12	20, 370	1, 698	1, 158
		22	23	24, 715	1, 075	1, 098
		23	3	1, 560	520	736
		24	22	13, 496	613	444
		25	2	400	200	864
		26	6	10, 670	1, 778	989
		27				
		28	9	7, 340	816	812
		29	3	2, 420	807	1, 169
		30	12	22, 620	1, 885	1, 171
		31	17	13, 970	822	1, 354
	Sub-total		395	2, 621, 667	—	—
	Total		518	3, 389, 371	—	—
1972	Apr	7	1	1, 250	1, 250	650
		8	1	50	50	442
		9	1	25	25	314
		10	6	5, 200	867	503
		11	3	1, 850	617	800
		12	6	5, 500	917	595
		13	1	250	250	456
		14	1	200	200	617
		15	1	1, 400	1, 400	800
		16	1	800	800	1, 292
		17	2	3, 350	1, 675	1, 336
		18	5	7, 670	1, 534	1, 356
		19	5	4, 300	860	1, 197
		20				
		21	1	830	830	1, 515
		22	1	2, 200	2, 200	1, 293
		23	3	2, 550	850	1, 150

Year	Date		Amount of fishing effort, X[1]	Amount of catch in number, C	Catch per unit effort (CPUE)	
					Real figure	Running[2] means
1972		24	1	400	400	625
		25				
		26	5	3, 010	602	676
		27	2	1, 500	750	731
		28	2	1, 680	840	686
		29	3	1, 400	467	613
		30	3	1, 600	533	460
	Sub-total		55	47, 015	—	—
	May	1	2	760	380	454
		2	5	2, 250	450	553
		3	8	6, 620	828	639
		4				
		5	1	3, 170	3, 170	2, 232
		6	4	5, 170	1, 293	1, 933
		7	7	9, 352	1, 336	1, 370
		8	6	8, 890	1, 482	1, 455
		9	14	21, 650	1, 546	1, 093
		10	16	4, 030	252	943
		11	6	6, 180	1, 030	860
		12	10	12, 978	1, 298	1, 164
		13				
		14	3	2, 860	953	1, 646
		15	10	23, 389	2, 339	2, 357
		16	16	60, 475	3, 780	2, 786
		17	22	49, 267	2, 239	8, 019
		18	6	108, 236	18, 039	7, 495
		19	13	28, 700	2, 208	7, 082
		20	16	15, 965	998	1, 535
		21	14	19, 595	1, 400	1, 290
		22	59	86, 773	1, 471	1, 453
		23	16	23, 830	1, 489	1, 337
		24	41	43, 140	1, 052	1, 284
		25	24	31, 463	1, 311	1, 571
		26	26	61, 085	2, 349	2, 519
		27	35	136, 380	3, 897	2, 919
		28	66	165, 678	2, 510	3, 218
		29	14	45, 440	3, 246	3, 111
		30	53	189, 660	3, 578	3, 233
		31	123	353, 556	2, 874	3, 226
	Sub-total		636	1, 526, 542	—	—
	Total		688	1, 573, 557	—	—

1) Amount of fishing dffort is given in number of boats operated on the day.

2) The running means on the first or last days of successive periods are means of CPUE on that day and the following or the penultimate days. For the others, they are the running means of three consecutive days.

別途発表業績

1. 業　　績

日本におけるエビの標識方法（英文）　石　岡　清　英

1982年1月11日受理　南西海区水産研究所業績第121号

Kuwait Bulletin of Marine Science 1981. (2) : 209-226
(International Shrimp Releasing, Marking and Recruitment Workshop, Kuwait, 1978)
Kuwait Institute for Scientific Research, Serial Number : 140
に掲載

抄　　録

日本で実施されている野外および室内実験によるエビの標識方法をまとめた。クルマエビの種苗放流に伴い，標識方法の改良および大規模な野外実験が行なわれるようになった。染色法，切除法，外部標識，アクチバブルトレーサー法について検討し，クルマエビにおいては，体長50㎜以上であれば迷子札型の外部標識がすぐれていることを述べた。主な理由は，漁獲した時に確認しやすいためである。また，標識放流調査より得られた成果のうち，成長，群識別，移動，資源量推定についてまとめるとともに，標識放流結果を用いて資源量を推定する時には，標識装着に伴う彰響や，漁業配置に伴う情報を得ておく必要のあることを指摘した。

2. 資　　料

太平洋中部・南部沖合底びき網漁業別漁獲統計資料，昭和45―55年

次の11篇の資料を1981年8月7日付で南西海区水産研究所資料第1～11号と認定した。

これらの資料は太平洋中部・南部海域を漁場とする沖合底びき網漁業者が農林水産大臣に提出した漁獲成績報告書の内容を，集計した結果である。内容は1そうびき，2そうびきという漁業種類ごとの漁場，ひき網回数，主要種の漁獲量などの要約，並びに船籍県，漁業種類，漁船規模別着業統数，航海数，操業日数，ひき網回数，漁獲量などの月別統計，漁業種類ごとの緯経度10分ますめ別，月別ひき網回数，魚種別漁獲量などの月別統計，及び資源量指数，有効漁獲努力量，漁獲努力の有効度などの一覧表という3種類の統計表である。ただし昭和46～52年の資源量指数などの一覧表は1978年8月に一括して印刷した。

太平洋中部・南部沖合底びき網漁業漁場別漁獲統計資料（昭和45年1―12月），111頁，1971年9月印刷，南西海区水産研究所資料第1号。

同上（昭和46年1―12月），105頁，1973年3月印刷，南西海区水産研究所資料第2号。

同上（昭和47年1―12月），91頁，1976年3月印刷，南西海区水産研究所資料第3号。

同上（昭和48年１—12月），104頁，1975年３月印刷，南西海区水産研究所資料第４号。
同上（昭和49年１—12月），87頁，1976年３月印刷，南西海区水産研究所資料第５号。
同上（昭和50年１—12月），85頁，1977年３月印刷，南西海区水産研究所資料第６号。
同上（昭和51年１—12月），79頁，1978年３月印刷，南西海区水産研究所資料第７号。
同上（昭和52年１—12月），79頁，1978年８月印刷，南西海区水産研究所資料第８号。
同上（昭和53年１—12月），121頁，1979年８月印刷，南西海区水産研究所資料第９号。
同上（昭和54年１—12月），125頁，1980年８月印刷，南西海区水産研究所資料第10号。
同上（昭和55年１—12月），109頁，1981年８月印刷，南西海区水産研究所資料第11号。

BULLETIN OF THE NANSEI REGIONAL FISHERIES RESEARCH LABORATORY

is issued each year with one or two numbers. All communications relating to this Bulletin should be addressed to Director.
Exchange of publication will be highly appreciated.

Address

The Nansei Regional Fisheies Research Laboratory
Director & Administrative Section
Inland Sea Fishery Resources Research Division
Aquaculture Research Division
Red-tide Research Division
7782-9 Maruishi Ôno-chô, Saeki-gun
Hiroshima-ken., 739-04, Japan

Offshore Fishery Resources Research Division
Oceanographic Research Division
6-1-21 Sanbashi-dôri, Kôchi, 780, Japan

〔非売品〕

昭和57年 3 月27日 印 刷　　昭和57年 3 月30日 発 行

広島県佐伯郡大野町丸石7782ー9
発行者　南西海区水産研究所
桑 谷 幸 正

印刷所　株式会社 中本本店印刷

南西水研報
Bull. Nansei Reg. Fish.
Res. Lab. No 14, 1982

Contents

* In Japanese without English title. The Japanese title is given in italics with its English translation in parentheses.